



엘리트 110m 허들선수의 세 번째 허들 넘기 동작에 대한 자세 분석

Kinematic Analysis of Hurdling of Elite 110-m Hurdlers

이진택*(대한체육회)

Lee, Jin-Taek*(Korea Sports Council)

국문요약

이 연구는 엘리트 110m 허들선수의 세 번째 허들 넘는 동작에 관한 자세의 기술적 특징을 운동학적으로 비교분석하였다. 연구대상자는 국내에서 개최된 110m 허들의 제3회 국제육상경기대회에서 상위 입상한 전 세계기록 보유자인 국외선수 2명과 국내선수 1명으로 선정하였다. 허들을 넘는 동작인 허들링 동작의 자세에 대한 기술적 요인을 분석하기 위해 신체분절의 각도를 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 국외선수는 국내선수에 비해 도약과 착지 순간 신체중심각도가 전 세계기록 보유자인 국외선수는 평균 34.14°, 국내선수는 24.89°로 신체중심각도의 이동 범위가 크게 나타났다. 상체전경각도는 도약과 착지 순간 전 세계기록 보유자인 국외선수가 4.27°, 국내선수가 6.37°로 전 세계기록 보유자인 국외선수 상체의 상하 움직임이 작은 것으로 나타났고, 상체좌우각도는 도약과 착지 순간 전 세계기록 보유자인 국외선수가 3.18°, 국내선수가 11.58°로 전 세계기록 보유자인 국외선수 상체의 좌우 움직임이 작은 것으로 나타났다.

ABSTRACT

J. T. LEE, Kinematic Analysis of Hurdling of Elite 110-m Hurdlers. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 19, No. 4, pp. 761-770, 2009. The purpose of this study was to observe the kinematic patterns of hurdling by domestic hurdlers and elite hurdlers from other countries in particular, we studied the hurdling motion and joint angles at the third hurdle in 110-m hurdle races. There were slight differences in the following variables at takeoff and landing: angle of the center of gravity(elite hurdler, 34.14° domestic hurdler, 24.89°), angle variables the body angle(elite hurdler, 4.27° domestic hurdler, 6.37°), the angle of trunk inclination(elite hurdler, 3.18° domestic hurdler, 11.58°),and the hip angle(elite hurdler, 40.1° domestic hurdler, 43.2°).

KEYWORDS : HURDLE CLEARANCE, 110M HURDLES, HURDLING, DOMESTIC, KINEMATIC, ANGLE

I. 서론

110m 허들은 직선주루에 높이 106.7cm의 허들이라는 장애물을 9.14m 간격으로 10대를 설치하여 순위를 겨루는 경기이다. 일정한 간격 내에서 가속질주를 하고 달리는 자세에서 허들을 넘기 위해 변화시키는 동작을 허들링(hurdling) 동작이라고 한다. 가속화된 질주자세에서 얼마나 빠르게 허들을 넘고 달리는가가 경기력을 좌우하고 그 중심에는 허들링 동작이라는 핵심적 기술이 있으며, 이 동작의 자세가 경기력을 결정하는 중요한 연구과제이다(이정호, 류재균, 2009).

허들링 동작에 관한 선행연구를 살펴보면, 임규찬, 정철수, 및 이만기(1994)는 국가대표 110m 허들선수를 포함한 선수 6명을 대상으로 4번째 허들에 대한 최적의 도약각(takeoff angle)과 효율적인 허들링 동작을 분석하였다. 강상학과 임충희(2002)는 4번째 허들에 대한 허들링 동작을 준비구간, 허들구간, 착지구간, 회복구간으로 나누어 올바른 허들링 동작을 제시하였다.

류재균, 이정호, 및 김혜영(2006)은 110, 허들 선수들의 45허들 인터벌구간의 세 스트라이드 동작에 대한 운동학적 분석이라는 연구에서 허들을 빠르고 낮게 넘기 위해서는 허들 앞에서 적극적으로 상체를 숙여 신체를 던져야 하고 허들을 넘은 후 상체전경각을 조절하여 상체가 전방을 향한 자세로 전력 질주할 수 있는 완전한 질주자세를 취해야한다고 보고하였다.

이정호, 박영진, 류재균, 및 김종인(2008)은 비행구간에서 허들을 중심으로 도약과 착지의 비율이 국외 엘리트 선수가 59.9% : 40.1%라고 보고하였다.

Hucklekemkes(1992)는 여자 엘리트 허들선수 3명을 대상으로 허들링 동작과 구간별 기록을 비교분석하여 빠른 스피드로 주기적인 움직임인 달리기와 비주기적인 움직임인 허들링의 연속적인 교체 동작을 반복하는 특성을 가지고 있다고 하였다.

Taylor(1992)는 허들을 넘는 기술의 핵심적인 구성요소는 가능한 짧은 시간에 각각의 장애물을 부딪치지 않고 깨끗하게 넘는 것과 허들을 넘는 동안의 비행에서 수평속도의 손실을 최소화 하는 것이라고 하였다.

Coh(2003)는 도약과 착지순간에 수직속도의 증가를

최소화하여야 수평속도의 손실이 적고 허들을 넘는 허들링 동작을 효율적으로 수행할 수 있다고 보고하였다.

그 외 Coh와 Dolenc(1996), Coh, Kastelic와 Pintaric(1998), Salo, Grimshaw와 Marar(1997), Hommel(1995), Muller와 Hommel(1997), Salo, Grimshaw와 Vitasalo(2001)대부분의 선행연구는 허들링 동작을 위한 도약, 비행, 착지 및 질주 구간으로 나누어 허들링 동작을 분석하였으며, 기술적 특징인 속도와 거리 도약각 등의 운동학적 변인만을 규명하였다. 이와 같이 110m 허들의 경기력 향상을 위한 연구는 허들링 동작을 중심으로 분석되고 있다. 그러나 분석되는 구간은 연구자마다 다르며 대부분의 국내 및 국외 선행연구들은 실험상황에서 허들링 동작을 여러 번 반복하여 기술적 특징을 분석하고 제시하였다. 즉 실험 상황에서 발휘된 허들링 동작은 실제 경기상황과 같은 허들링 동작을 발휘하는데 있어 다소 어려운 점이 있으며, 기술적으로 상당한 차이가 있다.

단거리 경기 중 직선주루를 달리는 경기는 스타팅 블록에서 출발하여 최고의 가속도에 도달하는 시점이 30m 전후이며 이후 전력질주 구간이 시작되고 마지막 라스트 스피트는 80m 이후에 시작된다. 110m 허들 경기는 단거리 종목이면서 장애물을 넘는 경기로 주요 분석 대상이 되는 허들 구간은 3, 4, 5번째 허들이며 그 이유는 최고의 가속도에 이르는 시점이라고 연구자들이 판단하고 있다. Coh(2003)는 콜린 잭슨(Colin Jackson)의 최고 가속도 구간인 4번째와 5번째 허들의 넘는 동작을 분석하였고, Harksen(1999)은 세계 엘리트 허들 선수들이 3, 5, 7번째 허들에서 최고의 달리기 속도에 도달한다고 보고하였다. 출발선에서 3번째 허들까지 직선거리는 32m로 허들경기에서 최고 가속도가 시작되는 부분이며 이후 나머지 허들을 넘기 위해 지속적으로 가속도를 증가시킬 수 있는 연결구리의 역할을 하기 때문에 이 구간에서 허들을 넘는 허들링 동작의 자세에 대한 분석이 매우 중요하며 필요하다.

국내 선행연구들의 경우 실험 상황에서 선정된 대상자들은 대부분 기술적으로 성숙하지 못한 비우선수를 대상으로 비교하였으며, 경기력에 차이가 있는 자료를 함께 모아 운동학적 변인들의 평균값으로 제시하고 허들링 기술의 특징을 일반화하였다. 비록 이러한 연구가 허들경기의 기초자료로서 경기력 향상에 중요한 변인들

을 선별하였지만, 평균값으로 제시된 데이터는 종종 경기력에 차이가 있는 선수 개개인의 특성을 제대로 반영하지 못해 그들의 경기력 향상에 뚜렷한 도움을 주지 못하고 있다. 따라서 허들링 동작은 선수마다 다르기 때문에 선수 개개인의 기술적 특징을 정확하게 분석하여 제시해야 할 필요가 있다.

이 연구는 허들 전 구간을 촬영하였지만 아직 분석 중에 있으며 분석된 일부 허들 구간인 3번째 허들에 대하여 Harksen(1999)의 연구 결과를 기초로 1차적으로 이정호 등(2008)이 속도, 거리, 시간에 대하여 분석하였다. 그리고 이 연구는 2차적으로 3번째 허들의 허들링 자세에 대하여 세계 엘리트 110m 허들선수들이 어떠한 허들링 동작의 기술적 특징 가지고 있는지를 운동학적 변인인 각도요인을 중심으로 분석하여 국내 엘리트 허들선수들의 허들링 동작의 기술적 개선의 기초자료를 제공하는 것이 이 연구의 목적이다.

II. 연구방법

1. 연구대상

이 연구는 국내 개최된 제3회 국제육상경기대회에서 남자 110m 허들 결승 상위 입상자 3명을 대상으로 국외 우수선수인 1위 입상자 A선수(전 세계기록보유자 : LIU Xiang)와 2위 입상자 B선수(전 세계기록보유자 : Johnson Allen) 그리고 국내선수인 3위 입상자 C선수(PTK) 등을 연구대상자로 선정하였으며, 이들의 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 대상자의 특성

대상자	신장 (cm)	체 중 (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	184	78	13.17	13.40	28.6
±SD	±4.04	±6.08	±0.5	±0.4	±4.2

이정호 등(2008)

2. 실험 장비 및 방법

이 연구는 남자 110m 허들의 실제 경기상황을 촬영하기 위하여 총 9대의 카메라를 관중석에 설치하였다. 각 카메라의 촬영 배치도는 아래의 <그림 1>과 같으며, 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. 각 카메라의 촬영 범위는 Cam2와 Cam3은 스타트에서 네 번째 허들까지 촬영하였으며, Cam1과 Cam4는 네 번째 허들부터 피니쉬까지 촬영하였다. Cam5와 Cam8은 스타트부터 일곱 번째 허들까지 촬영하였으며, Cam6과 Cam7은 일곱 번째 허들부터 피니쉬까지 촬영하였다. Cam 9는 측면에서 첫 번째 허들에서 네 번째 허들까지 촬영하였다.

실 공간좌표설정은 경기 전에 촬영하고자 하는 각 선수에 대한 레인을 사전 조사하였으며, 각 선수들의 레인은 A선수가 4레인, B선수가 5레인 그리고 C선수가 3레인으로 선정되었다. 실 공간좌표설정은 DLT (direct linear transformation) 방식(Abdel-Aziz & Kararah, 1971)의 3차원 분석법을 사용하여 3레인에서 5레인을 중심으로 스타트에서 피니쉬까지 허들구간별 공간좌표를 설정하였으며, 경기 전 밑받침이 십자(+)형(전후좌우 1m)이고 높이가 2m인 통제점 폴(pole)을 조립하여 허들간거리 9.14m간격으로 허들지점마다 설치한 후 통제점 폴을 촬영하고 제거하였다. 통제점 폴을 제거한 후 경기시간까지 대기하였으며, 110m 허들경기 결승 허들 설치 시 촬영을 준비하여 실제 110m 허들 결승 실제 경기상황을 촬영하였다. 이때 각 카메라는 광학렌즈(GL-V0752U 0.7 × 필터지름 55mm)를 장착하여 와일드 화면으로 촬영하였다. 이때 필름 속도는 60field/s, 노출 시간은 1/1000s로 조정하였다.

3. 자료처리방법

영상 자료는 Kwon3D 3.1(Kwon, 1990)프로그램을 사용하여 통제점과 인체관절 중심점을 디지털이정 하였다. 노이즈를 제거하기 위해 Butterworth 4차 저역통과

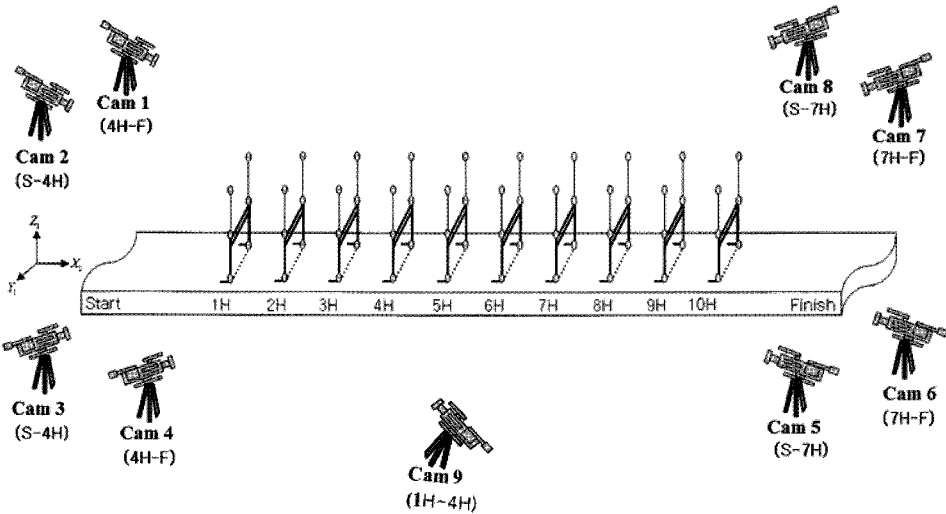


그림 1. 촬영 배치도, Cam1(4H-F): 4번째 허들에서 피니쉬 라인까지, Cam2(S-4H): 출발선에서 4번째 허들까지, Cam3(S-4H): 출발선에서 4번째 허들까지, Cam4(4H-F): 4번째 허들에서 피니쉬 라인까지, Cam5(S-7H): 출발선에서 7번째 허들까지, Cam6(7H-F): 7번째 허들에서 피니쉬 라인까지, Cam7(7H-F): 7번째 허들에서 피니쉬 라인까지, Cam8(S-7H): 출발선에서 7번째 허들까지, Cam9(1H-4H): 1번째 허들에서 4번째 허들까지

필터방법으로 스무딩(smoothing)하였으며, 차단주파수는 7.4Hz로 정하였다. 인체관절 중심점의 좌표화는 신체를 총 20개의 관절점을 가진 14개의 분절로 연결된 강체로 정의하였다. 신체 분절지수는 Plagenhoef(1983)의 자료를 사용하였다. 허들링 동작에 관한 분석구간은 가속화 되는 시점인 3허들을 중심으로 허들을 넘기 전 1보에서 허들을 넘은 후 1보까지 선정하였으며, 세부적인 분석구간은 <그림 2>와 같다.

며, LD1은 도약 전 1보 접지, TO1은 도약 전 1보 이지, LD2는 도약 접지, TO2는 도약 이지, Peak는 비행정점, LD3은 착지 접지, TO3은 착지 이지, LD4는 착지 후 1보 접지, TO4는 착지 후 1보 이지로 정하였다(이정호 등, 2008).

허들링 동작에 대한 각 분절의 상대 각도 정의는 <그림 3>과 <그림 4>와 같다. 허들링 동작의 신체 중심 각도는 발 지면에서 접지(landing) 순간과 이지(takeoff) 순간 발목에서 신체중심으로 향하는 벡터와 수직축이

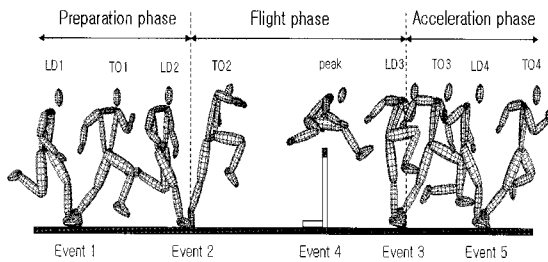


그림 2. 허들링 동작 분석구간(이정호 등 2008)

각 지지국면에서 발이 지면에 닿는 순간을 접지(LD), 발이 지면에서 떨어지는 순간을 이지(TO)로 정하였으

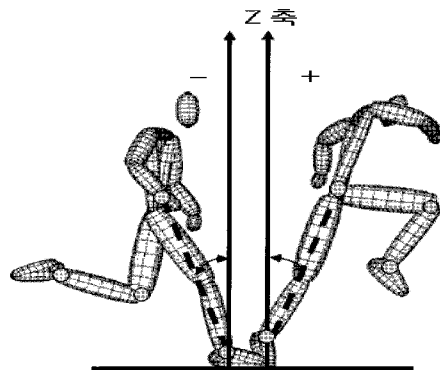


그림 3. 신체중심각의 정의

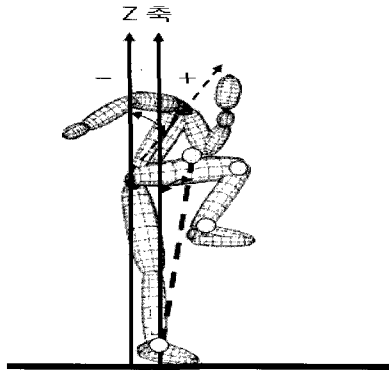


그림 4. 상체각과 착지순간의 신체중심각

이르는 전·후 방향의 사이 각이다. 상체 전경각도는 수직축과 상체의 백터 사이의 각이며 상체 좌우각도는 수직축으로부터 상체의 백터가 좌우로 기울어지는 사이의 각이다. 고관절 각도는 고관절을 중심으로 몸통과 대퇴가 이루는 각도이다.

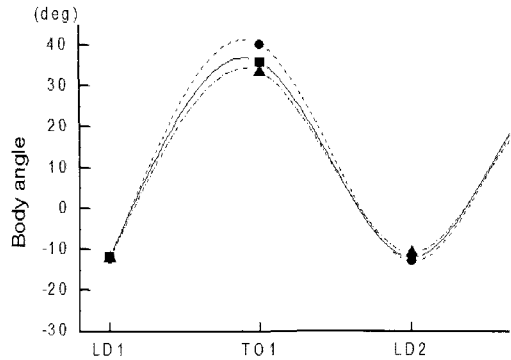


그림 5. 신체 중심각도의 변화

자인 C선수는 33.30°로 A선수가 2.45° 큰 신체중심각을 발휘하는 것으로 나타났다. 비행구간의 도약 이지에서 착지 접지까지 A선수는 도약 이지 순간 33.21°, 착지 접지 순간 0.93°의 전경각도를 보였다. C선수는 도약 이지 순간 29.05°로 A선수보다 4.16°의 차이를 보였으며, 착지 접지 순간 -4.16°로 신체중심각이 후방 쪽으로 기울어지는 것으로 나타났다.

III. 결과 및 논의

1. 신체 중심각도

허들링 동작의 신체 중심각도를 분석한 결과는 <표 2>와 같으며, 신체 중심각도의 변화는 <그림 5>와 같다.

허들링 동작의 신체 중심각도에 대한 결과를 살펴보면, 준비구간의 도약 전 1보 이지에서, 전 세계기록 보유자인 A선수는 35.75°로 나타났으며, 전 국내기록보유

즉 A선수는 도약 이지에서 신체중심각이 33° 이상 전경자세를 취하는 것으로 나타났으며, 국내선수인 C선수는 A선수보다 도약과 착지에서 신체중심각도가 4° 이상 차이가 있는 것으로 나타났다.

A선수와 B선수는 착지 후 1보에서 후경각도가 유사한 것으로 나타났으며, C선수는 착지 후 1보 접지 순간 B선수보다 -8.39° 이상 신체중심각이 후방으로 기울어져 있는 것으로 나타났다.

표 2. 신체 중심각도

		(unit: deg)		
구간별	허들링 동작	A선수	B선수	C선수
준비 구간	도약 전 1보 접지	-11.82	-12.43	-12.18
	도약 전 1보 이지	35.75	40.18	33.30
	도약 접지	-12.14	-12.91	-10.90
비행 구간	도약 이지	33.21	33.15	29.05
	착지 접지	0.93	0.88	-4.16
	착지 이지	20.01	27.41	22.91
가속 구간	착지 후 1보 접지	-14.13	-15.68	-24.07
	착지 후 1보 이지	32.42	36.78	34.74

이정호와 류재균(2009)은 110m 허들 국가대표선수 3명을 대상으로 신체중심각을 분석한 결과 비행구간의 도약 이지에서 착지 접지까지 도약 이지 순간 평균 26.35°, 착지 접지 순간 평균 -13.16° 라고 보고하였다. 이 연구에서도 국내선수는 선행연구와 동일한 결과를 보였다.

결과적으로 C선수는, A, B선수보다 도약과 착지 순간에 전경자세를 취하지 못한 것으로 나타났다. 이러한 자세는 허들을 넘고 달리는데 필요한 스피드를 감소시키는 원인이 된다고 판단된다. 따라서 국내선수는 효율적인 허들링 동작을 발휘하기 위해 신체중심각을 도약과 착지순간에 전경자세로 유지할 수 있도록 허들링 동작의 기술개선이 필요하다.

표 3. 상체 전경각도

(unit: deg)

구간별 허들링 동작		A선수	B선수	C선수
준비구간	도약 전 1보 접지	14.96	13.82	12.25
	도약 전 1보 이지	7.32	11.56	12.01
	도약 접지	12.07	7.63	7.02
비행구간	도약 이지	23.73	25.74	32.26
	비행 정점	44.04	50.87	51.44
	착지 접지	19.46	21.59	25.89
가속구간	착지 이지	11.75	10.33	6.94
	착지 후 1보 접지	9.49	8.27	4.02
	착지 후 1보 이지	7.9	7.36	3.19

2. 상체 전경각도

허들링 동작의 상체 전경각도를 분석한 결과는 <표 3>과 같으며, 상체 전경각도의 변화는 <그림 6>과 같다.

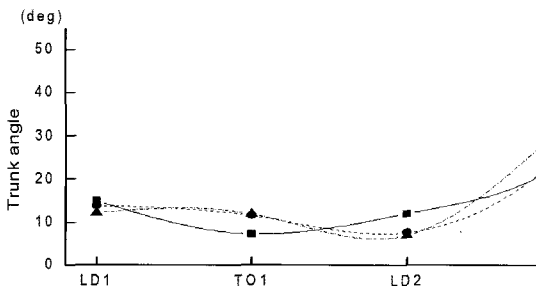


그림 6. 상체 전경각도의 변화

허들링 동작의 상체전경각도에 대한 결과를 살펴보면, A선수는 도약 전 1보 접지에서 14.96°의 상체전경각도를 보였으며, C선수는 12.25°로 A선수가 2.71° 더 상체를 숙인 것으로 나타났다. 그러나 도약 전 1보 이지에서 A선수는 상체전경각도 7.32°를 보였으며, C선수는 12.01°로 A선수보다 C선수가 4.69° 상체를 더 숙인 것으로 나타났다. 그러나 도약 접지에서 A선수가 12.07°의 상체전경각도를 유지하였으며, C선수는 7.02°로 A선수가 5.05° 상체를 더 숙인 것으로 나타났다. 즉 A선수는 준비구간에서 도약 전 접지순간에 상체가 가장 많이 숙여진 것으로 나타났으며, 이지 순간에 상체를 세우는

것으로 나타나 접지에서 이지까지 신체중심의 이동을 길게 유지하여 스피드를 가속화시키는 것이라고 할 수 있다. 그러나 C선수는 준비구간의 접지와 이지 순간에 A선수보다 상체를 세워 줄주하는 것으로 나타났다.

이정호와 류재균(2009)은 도약 전 1보 이지에서 도약 접지까지 평균 0.62° 더 상체를 숙인다고 보고하였다. 이 연구에서는 A선수를 제외하고 두 선수는 선행연구와 상이한 결과를 나타냈다. 허들을 빠르고 낮게 넘기 위해서는 허들에 가까워질수록 상체를 점차적으로 숙여야 허들을 넘는 동안에 신체중심의 포물선 높이의 정점이 허들 앞에 위치한다고 하였다(Mcdonald & Dapena, 1991).

비행구간의 도약 이지에서 비행정점 후 착지 접지까지 상체전경각도를 살펴보면, A선수는 도약 이지 순간에 상체전경각도 23.73°를 보였으며, C선수는 32.26°로 A선수보다 8.53° 상체를 더 숙이는 것으로 나타났다. 그러나 비행정점에서의 상체전경각도는 C선수가 51.44°로 A선수보다 7.4° 상체가 더 숙여지는 것으로 나타나 높은 허들을 넘기 위해 상체를 가장 많이 숙이는 것으로 판단된다.

이정호와 류재균(2009)은 착지 접지 순간에 상체전경각이 평균 20.94° 라고 보고하였다. 착지 접지 순간에 A선수는 19.46°로 C선수보다 6.43° 더 상체를 세운 것으로 나타났다. 이러한 동작은 빠른 착지를 위해 앞으로 찬 다리를 빨리 끌어당김으로서 신체중심을 앞으로 빨리 이동시켜 착지 이후 가속하기 위한 동작이라고 하였

표 4. 상체 좌우각도

(unit: deg)

구간별 허들링 동작	A선수	B선수	C선수	
준비구간	도약 전 1보 접지	1.60	-2.04	1.70
	도약 전 1보 이지	1.42	-1.88	1.99
	도약 접지	0.38	-0.98	2.82
비행구간	도약 이지	-0.02	-0.92	5.57
	비행 정점	-4.56	7.07	-9.12
	착지 접지	-3.20	6.92	-6.01
가속구간	착지 이지	-1.99	4.36	-2.89
	착지 후 1보 접지	-1.79	2.51	-1.77
	착지 후 1보 이지	-0.97	0.63	-0.97

다. 가속구간의 상체전경각도는 A선수가 11.75°로 C선수의 6.94° 보다 4.81° 더 상체를 숙이는 것으로 나타났으며, 착지 후 1보 접지 순간과 착지 후 1보 이지 순간 상체전경각도는 9.49° 그리고 7.9°로 나타났다. 그러나 C선수는 착지 후 1보 접지와 이지 순간에 4.02° 그리고 3.19°로 나타나 C선수가 상체전경각도가 0.40° 이상 세워지는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과를 요약하면, 준비구간에서 A선수가 도약 접지에서 12° 이상 상체 전경각도를 유지한 것으로 나타났으며, C선수보다 5° 이상 상체를 전방으로 보내는 것으로 나타났다. 비행구간의 도약 이지 순간 상체전경각도는 A선수와 C선수는 8° 이상 차이가 있는 것으로 나타났으며, 비행정점의 상체전경각도는 7° 이상 차이가 있는 것으로 나타났다. 착지 접지 순간 A선수와 C선수는 6° 이상 차이가 있는 것으로 나타났다, 착지 후 가속구간에서는 A선수는 착지 이지에서 10° 이상 전경자세를 보였으며, C선수는 6°의 전경자세를 보여 4°의 차이가 있는 것으로 나타났다. 따라서 C선수는 준비구간과 가속구간에서 상체전경각도는 작고 비행구간에서 상체전경각도가 큰 것으로 나타나 상체의 움직임이 많은 것으로 판단된다. 따라서 효율적인 허들링 동작을 발휘하기 위해서는 상체의 일정한 전경자세를 유지할 수 있도록 허들링 동작의 기술개선이 필요하다.

3. 상체 좌우각도

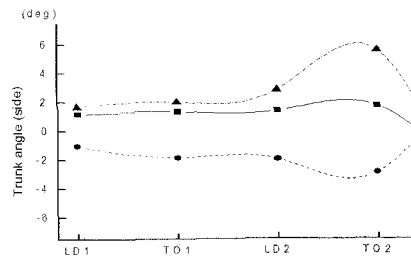


그림 7. 상체 좌우각도의 변화

허들링 동작의 상체 좌우각도를 분석한 결과는 <표 4>와 같으며, 상체 좌우각도의 변화 <그림 7>와 같다.

A선수와 C선수는 도약(take off)하는 발이 오른발이며, B선수는 왼발이다.

허들링 동작의 상체 좌우각도에 대한 결과를 살펴보면, C선수는 1.70°, 1.99°, 2.82°로 A선수보다 도약접지에서 1° 이상 상체가 양(+)방향으로 기울어지는 것으로 나타났다. 비행구간에서 도약 이지 순간 A선수는 -0.02°로 나타났으며, C선수는 5.57°로 도약 이지 순간 A선수보다 5° 이상 양(+)방향으로 상체가 기울어지는 것으로 나타났다. 즉 C선수는 오른발이 도약하는 다리로서 허들을 넘기 위해 왼발 무릎을 끌어올리는 과정에서 상체가 왼쪽으로 우수선수보다 크게 기울어지는 것으로 나타났다. 비행정점과 착지 접지 순간에서 A선수는 -4.56°, -3.20°로 상체가 음(-)방향으로 기울어지는 것으로 나타났다. C선수는 -9.12°, -6.01°로 A선수보다 상체

표 5. 고관절 각도

(unit: deg)

허들링 동작	A선수		B선수		C선수	
	Contact leg	Free leg	Contact leg	Free leg	Contact leg	Free leg
도약전 1보 접지	157.2	173.4	157.2	175.7	143.5	163.2
도약전 1보 이지	202.7	123.3	200.6	136.3	196.9	134.4
도약 접지	155.7	162	152.9	160	157.9	173.9
도약 이지	196.7	64	186.3	67.1	179.5	75
비행 정점	27.1	92	29.4	87.4	36.4	94.5
착지 접지	156.6	63.7	151	66.3	136.3	60.5
착지 이지	187.2	89.1	181.9	105	182.3	108.1
착지후 1보 접지	142.9	136.1	142.3	167.7	155.6	178.5
착지후 1보 이지	201.9	101.1	201.3	102.3	191.2	135.4

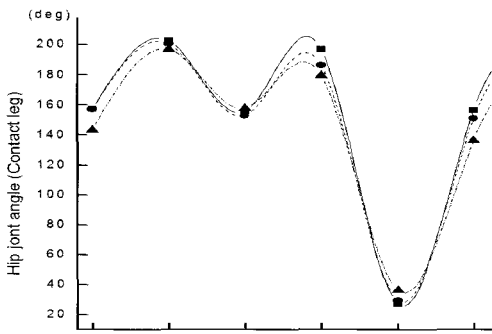


그림 8. 지면에 접촉하는 다리(contact leg)의 고관절 각도

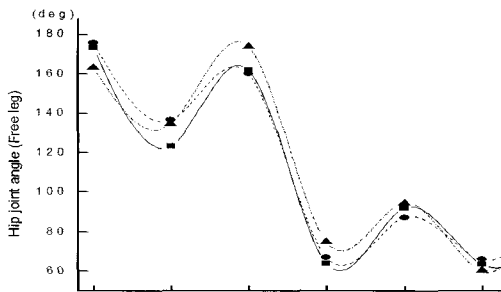


그림 9. 자유로운 다리(free leg)의 고관절 각도

가 음(-)방향으로 크게 기울어지는 것으로 나타났다. 즉 비행구간은 A선수가 C선수보다 상체의 좌우각도가 작은 것으로 나타났으며, C선수는 도약 이지에서 착지 접지까지 상체의좌우각도가 크게 이동되는 것으로 나타났다. 이와 같이 결과를 요약하면, 상체 좌우각도는 A선

수가 도약 이지 순간 -0.02° 음(-)방향으로 나타났으며, C선수는 5.57° 로 양(+)방향으로 크게 기울어지는 것으로 나타났다. 비행정점에서 A선수가 C선수보다 4.56° 작게 기울어지는 것으로 나타났으며, 착지 이지 순간 C 선수는 A선수보다 -0.09° 크게 기울어지는 것으로 나타났다. 즉 도약이지에서 A선수는 상체의 흔들림 없이 전경자세를 취하는 것으로 나타났고, C선수는 상체가 좌·우측으로 크게 기울어지는 것으로 나타났다. Coh(2003)는 허들을 넘는 동안 상체는 전경자세를 유지 하면서 가능한 빠르게 추진해야 한다고 지적했으며, 상체의 좌우이동 없이 최대한 전경자세로 유지하면서 가속해야 하는 것으로 보고했다. 따라서 C선수는 도약과 착지에서 상체의 좌·우각도가 A선수보다 큰 것으로 나타나 상체를 일정하게 유지 할 수 있는 동작을 개선해야 할 것이다.

4. 고관절 각도

허들링 동작에 대한 고관절 각도를 분석한 결과는 <표 5>와 같으며, 고관절 각도의 변화에 대한 그래프는 지면에 접촉하는 다리 <그림 8>와 자유로운 다리 <그림 9>과 같다.

허들링 동작의 고관절 각도에 대한 결과를 살펴보면, 국외 우수선수인 A선수는 도약 전 1보 접지순간 지면에 접촉하는 다리가 157.2° 의 고관절 각도를 보였으며,

C선수는 143.5°로 A선수와 13.7° 차이가 있는 것으로 나타났다. 도약 전 1보 접지부터 도약접지까지 자유로운 다리의 고관절 각도는 A선수가 도약 전 1보 접지 순간 173.4°, C선수는 163.2°로 A선수가 C선수보다 10.2° 큰 고관절 각도를 보였다. 또한 자유로운 다리는 도약 접지 순간 A선수는 162°로 나타났으며, C선수는 173.9°로 A선수보다 11.9° 크게 고관절 각도를 유지한 것으로 나타났다. 즉, 준비구간에서 A선수는 C선수보다 지면 접촉다리를 발끝까지 강하게 밀어 고관절 각도를 크게 유지하여 스피드를 가속시키는 것으로 나타났다.

이정호와 류재균(2009)은 비행구간의 도약순간 지면에 접촉한 다리의 고관절 각도가 평균 187.05° 라고 보고하였고, 윤태근(1999)은 평균 171.65°라고 보고하였다.

비행구간에서 도약순간 지면에 접촉한 다리의 고관절 각도는 A선수가 196.7°로 나타났으며, C선수는 179.5°로 나타났다. 자유로운 다리는 A선수가 64°로 나타났으며, C선수는 75°로 나타났다. 즉 지면에 접촉하는 다리의 고관절 각도는 도약 순간에 A선수가 C선수보다 17.2° 큰 각도를 발휘하여 도약한 것으로 나타났으며, 자유로운 다리는 C선수보다 11° 작은 것으로 나타났다. 도약순간에 지면에 접촉한 다리의 고관절 각도가 크고 자유로운 다리의 고관절 각도가 작다는 것은 운동방향으로 추진력 있게 도약하는 다리가 지면을 미는 것을 의미하며 자유로운 다리의 고관절 각이 작다는 것은 상체와 더불어 낮은 도약각과 허들을 낮고 빠르게 넘기 위한 동작이라고 할 수 있다.

가속구간의 착지와 이지순간에 지면에 접촉하는 다리의 고관절 각도는 A선수가 187.2°로 나타났으며, C선수는 182.3°로 A선수가 4.9° 큰 각도를 발휘한 것으로 나타났다. 착지 후 1보 접지의 고관절 각도는 A선수가 C선수보다 12.7° 작은 각도를 보였으며, 착지 후 1보이 지는 A선수가 C선수보다 10.7° 큰 각도를 발휘한 것으로 나타났다. 즉 C선수는 지면에 접촉하는 다리의 고관절 각도를 A선수와 유사한 각도를 유지하여 스피드를 가속시켜야 할 것으로 판단되며, 허들을 넘는 자유로운 다리는 고관절 각도를 작게 유지하여 허들을 스치듯이 넘고 질주할 수 있도록 허들링 동작을 개선해야 할 것이다.

IV. 결론

이 연구는 엘리트 110m 허들선수들의 실제 국제육상경기를 대상으로 대회에서 상위 입상자 전 세계기록 보유자인 국외선수 2명과 전 한국기록보유자인 국내선수 1명으로 선정하였다. 3차원 영상분석에 의해 허들링 동작의 각도요인을 비교분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 신체중심각의 도약 이지순간 A선수가 33.21°, C선수는 29.05°로 A선수가 4.16° 신체중심각이 큰 것으로 나타나 C선수는 허들링 동작의 기술개선이 필요한 것으로 나타났다.
2. 상체전경각도의 도약 이지 순간 A선수가 23.73°, C선수는 32.26°로 8.56°의 차이가 있는 것으로 나타났으며, 착지 접지는 A선수가 19.46°, C선수는 25.89°로 6.43°의 차이가 있는 것으로 나타났다.
3. 상체좌우각도의 도약 이지 순간 A선수가 -0.02°, C선수는 5.57°로 나타났으며, 착지 접지는 A선수가 -3.20°, C선수는 -6.01°로 -2.81°의 차이가 있는 것으로 나타났다.
4. 고관절 각도의 도약 이지 순간 지면에 접촉하는 다리는 A선수가 C선수보다 17.2° 큰 각도를 발휘하여 도약한 것으로 나타났으며, 자유로운 다리는 A선수가 C선수보다 11° 작은 각도를 발휘 한 것으로 나타났다.

이상을 종합해보면 세계 엘리트 선수들의 허들링 동작은 허들을 넘기 위한 준비자세가 달리는 동작에서 점진적으로 이루어지고 허들을 넘은 이후 달리기 동작으로의 전환을 효율적으로 하고 있는 반면에 국내 엘리트 선수는 허들을 넘기 위한 준비동작이 비행 도약 이지순간에 변화가 일어나고 허들을 넘은 이후 달리기 동작으로 전환하는 준비자세가 개선할 문제점으로 나타났다.

참고문헌

- 선운동. *한국체육학회지*, 41(4), 557-568.
- 류재균, 이정호 및 김혜영(2006). 110m 허들 선수들의 4.5 허들 인터벌구간의 세 스트라이드 동작에 대한 운동학적 분석. *한국체육학회지*, 45(5), 465-472.
- 임규찬, 정철수, 이만기(1994). 110m 허들의 구간별 운동학적 변인 분석. *서울대학교 논문집*, 19(2), 57-74.
- 이정호, 박영진, 류재균, 김종인(2008). 엘리트 110m 허들선수의 세 번째 허들링 동작에 관한 운동학적 분석. *한국운동역학회지*, 18(4), 31-39.
- 이정호, 류재균(2009). 국가대표 110m 허들의 질주동작과 허들동작에 관한 운동학적 분석. *체육과학연구*, 20(2), 417-425.
- 윤태근(1999). 110m 허들링 운동학적 분석 : 제1 허들을 중심으로. 미간행 석사학위논문. 성균관대학교 대학원.
- Abdel-aziz, Y. I., Karara, H. M.(1971). *Direct linear transformation: Form comparator coordinates into object coordinates in close-range photogrammetry*. Proceeding of ASPUI symposium on Cross-Range Photogrammetry, Urbana, Illinois, 1-19. Falls Church, VA: American Society of Photogrammetry.
- Coh, M.(2003). Biomechanical analysis of Colin Jackson's hurdle clearance technique. *New Studies in Athletics. International Association of Athletics Federations*, 18(1), 37-45.
- Coh, M., & Dolenc, A.(1996). Three-dimensional kinematic analysis of the hurdles technique used by Brigita Bukovec. *New Studies in Athletics. International Association of Athletics Federations*, 11(1), 63-69.
- Coh, M., Kastelic, J., Pintaric, S.(1998). A Biomechanical model of the 100m-hurdles of Brigita Bukovec. *USA Track and Field. Winter*, 142, 4521-4529.
- Harksen, R.(1999) Hurdles. North America Central Amrica and Caribbean Track and Field Coaches Association(NACACTFCA) congress.
- Hommel, H.(1995). NSA photo sequences 33&34-110m hurdles: Colin Jackson. *New Studies in Athletics. International Association of Athletics Federations*, 10(3), 57-65.
- Hucklekemkes, J.(1992). Model technique for the women's 100m-hurdles. *USA Track and Field. Winter*, 118, 5759-5766.
- Kwon, Y. H.(1990). *Kwon3D Film Motion Analysis Package. User's Reference Manual*. Unpublished program manual.
- 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), 1382-1391.
- Muller, H., & Hommel, H.(1997). Biomechanical Research Project at the VI World Championships in Athletics, Athens 1997: Preliminary Report. *New Studies in Athletics. International Association of Athletics Federations*, 12(2-3), 43-73.
- Plagenhoef, S.(1983). Anatomical data for analyzing human motion. *Research Quarterly for Exercise and sports*, 54(2), 169-178.
- Salo, A., Grimshaw, P., & Marar, L.(1997). The 3-D Biomechanical analysis of sprint hurdles at different competitive levels. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(2), 231-237.
- salo, A., Grimshaw, P., & Vitasalo, J.(2001). The Use of Motion Analysis as s Coaching Aid to Improve the Individual Technique in Sprint Hurdles.
- Taylor, T.(1992). Lead-leg snapdown. *Track technique*, summer, 3822-3843,

투 고 일 : 10월 31일
 심 사 일 : 12월 05일
 심사완료일 : 12월 29일