



엘리트 여자 100m 허들선수들의 운동학적 변인 비교

Comparison of Kinematic Variables of the Elite Woman's 100m Hurdler

류재균* · 장재관 · 여홍철(경희대학교) · 임정우(월촌초등학교)

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

Lim, Jung-Woo(WolChon Elementary School)

ABSTRACT

J. K. RYU, J. K. CHANG, H. C. YEO, and J. W. LIM, Comparison of Kinematic Variables of the Elite Woman's 100m Hurdler. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, Vol. 17, No. 4, pp. 149-156. The purpose of this study was to compare the world class women's hurdlers with kinematic variables Lee Yeon-Kyoung's in the 100m hurdle. Among Korea elite female hurdler, Lee Yeon-Kyoung was participated as a subject. Eight JVC video cameras(GR-HD1KR) were used to film the performance of Lee Yeon-Kyoung at a frame rate of 60fields/s. The real-life three-dimensional coordinate data of digitized body landmarks were smoothed using a fourth order Butterworth low pass recursive digital filter with an estimated optimum cutoff frequency of 7.4Hz.

After analyzing and comparing Lee Yeon Kyung's kinematic variables with the world top class hurdlers in the woman's 100m hurdle run, the following conclusions were obtained.

1. Lee should be able to increase the speed with over 5.4m/s from start to first hurdle and then maintain the speed range from 8.33m/s to 8.67m/s until 10th hurdle. Lee should have to maintain the speed with 8.51m/s from 10th hurdle to finish line.
2. Lee has to reach her maximum running speed at 5th hurdle and then has to shorten running time with 0.5sec between hurdles.
3. Lee should be able to run around 2.5sec from start to first hurdle and then maintain under 1.00sec following phases. Lee should be able to maintain under 1.10sec from 10th hurdle to finish line.
4. Lee needs to control a consistent takeoff and landing distance pattern, Lee needs to lower the height of the center of gravity of the body with 0.33m when she clears the hurdles

KEYWORDS : HURDLE, SPEED, FINISH, START, PHASE

I. 서론

허들 경기는 육상경기 종목 중에서 고도의 기술이 요구되는 경기이면서 수많은 변인들이 결합된 복합적인 결과로 경기력이 결정된다(Coh, Kastelic & Pintaric, 1998).

허들 경기는 시합 전반에 걸쳐 스피드 지구력과 허들링 기술 그리고 허들 간 일정한 스트라이드 패턴과 같은 특별한 변인의 집중력이 필요하다. 스피드 지구력은 출발에서부터 시작하여 허들을 넘으면서 가속하고 그 가속된 속도가 최고에 도달하는 시점에서 결승선까지 유지하는 것이다. 허들링 기술은 허들 위에서 이루어지는 동작으로 달리는 동작의 하나이다. 끝으로 일정한 스트라이드 패턴은 허들을 넘은 후 4보로 3스트라이드 보폭의 일관성을 의미하며 상위 두 변인에 의하여 좌우되는 것이 허들경기 기술이다(Lindeman, 1995).

100m 허들 경기의 세계기록은 1988년 Stars Agora에서 불가리아의 Yordanka Donkova 선수가 세운 12초 21이다. 아시아 기록은 1995년 Luzern에서 카자흐스탄의 Olga Shishigina 선수가 세운 12초 44이다. 한국기록은 1988년 서울 올림픽에서 방신해 선수가 세운 13초 63이었으나 2004년 부산국제육상경기대회에서 이연경 선수가 16년 만에 13초 47로 0.16초를 갱신하면서 새로운 한국기록을 수립하였다(김혜경, 이정호, 김상도, 2005).

국내 허들 선수들이 현재 아시아권에서는 상위의 경기력을 발휘하고 있으나 세계 수준급으로 도약하기 위해서는 경기력 향상을 위한 과학적인 분석과 기술 향상을 위한 많은 연구자들의 노력이 필요하다.

최근 국내의 국제적인 시합에서 허들 남녀 선수들이 한국기록을 갱신하면서 연구자들로부터 관심의 대상이 되었지만 대다수의 연구가 국소적으로 허들 3번째 혹은 4번째와 5번째에서의 동작에만 국한되어 있고 전 구간에서의 분석이 이루어지지 않고 있어 실제 현장에서 선수나 코치 감독들에게 실용화 할 수 있는 피드백을 충분히 제공하고 있지 못하고 있는 실정이다.

국내의 선행연구에 의하면, 여자 100m 허들 경기는 고도의 기술이 선수들에게 요구되는 종목으로서 가능

한 가장 빠른 스피드로 주기적인 움직임인 달리기(sprint)와 비주기적인 움직임인 허들 넘기(hurdle clearance)의 연속적인 교체 동작을 반복하는 특성을 가지고 있다고 하였다. 가능한 짧은 시간에 각각의 장애물을 부딪치지 않고 깨끗하게 넘어야 하고, 허들을 넘는 동안의 비행에서 수평속도의 손실을 최소화 하여야 한다고 하였다. 그리고 차는 다리가 허들을 넘어 대략 30cm에서 41cm를 지나갔을 때 적극적으로(공격적)으로 잡아채는 동작을 수행함으로써 다음으로 이어지는 달리기 동작의 속도를 증가시킬 수 있다고 하였다. 또한 경기력을 좌우하는 중요한 요인은 달리는 동안에 수평속도를 최대화하고 허들을 향해 도약하는 순간의 수직속도를 최소화하면서 3 스트라이드의 짧은 지지시간이라고 지적하였다. 착지시에는 가능한 신체무게중심을 높이고 착지하는 발의 지지시간을 짧게 하면서 허들링 동작에서의 신체무게중심, 머리, 어깨 그리고 둔부의 상하방향으로의 움직임이 작아야 한다고 보고하였다(김혜영, 이정호와 김상도, 2005; 강상학과 임충희, 2002; 임규찬, 정철수와 이만기, 1994; Coh, 2003; Coh et al., 1998; Hucklekemkes, 1991; Hommel, 1995; Mann & Herman, 1985; Mcdonald & Dapena, 1991; Taylor, 1992).

이상의 국내외 선행연구들의 연구 동향은 세 번째 허들과 최고의 가속구간인 허들의 네 번째와 다섯 번째 허들이 주요 분석대상이 되고 있었다. 국소적인 분석 구간의 운동학적 변인을 바탕으로 허들 전 구간의 기록에 영향을 미치는 것으로 일반화시키고 경기력 향상을 위한 기술개선으로 연계시키는 것은 다소 무리가 있는 것으로 판단된다.

Hucklekemkes(1991)는 올림픽과 독일 선수권 그리고 유럽 주니어 선수권에서 우승한 선수를 대상으로 10대의 허들과 허들 사이에 대한 속도와 소요시간의 기준표를 제시하여 경기력을 향상시키기 위한 지표를 제시하였다.

이 연구는 허들 전 구간의 운동학적 변인인 속도와 시간을 분석하고 선행연구인 Hucklekemkes(1991)가 제시한 연구 결과와 국내 여자 엘리트 선수의 허들 전 구간에서의 속도 변화와 소요시간을 비교해 보고자한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

이 연구는 아시안게임 성공개최기념 2004 부산국제 육상경기대회에 참여한 100m 여자 허들 선수 중 1위를 한 이연경 선수를 연구 대상으로 선정하였다. 이 경기에서 이연경 선수는 한국 신기록을 수립하면서 우승하였다. 이 선수들의 신체적인 특성과 공식기록은 <표 1>과 같다.

2. 실험 장비 및 방법

운동학적 변인을 조사하기 위하여 3D 비디오 시스템의 운동학적 분석 프로그램인 KWON3D Motion Analysis Package Version 3.1(Kwon, 2005)을 사용하였다. 출발 가속, 허들 간 달리기 동작, 허들 넘기 동작의 전 구간의 촬영은 JVC비디오카메라(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, 결승

선 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. 이러한 방법은 배율기법(multiplier method)이라고 하는데 카메라를 고정시켜 촬영할 경우 촬영범위를 길고 넓게 확보하기 위한 것이다(Kwon, 1994). 배율기법은 두 대의 카메라의 촬영범위가 서로 겹치는 부분에 anchor points라는 하나의 점(reference point)을 이용하여 두 대의 카메라에 촬영된 영상을 연결하여 마치 하나의 카메라가 촬영한 것과 같은 효과를 볼 수 있고 피사체의 영상을 크게 잡을 수 있는 방법으로 이 연구에서는 4대의 카메라에 사용하였다. anchor point는 두 대의 카메라 영상(views)이 서로 겹치면서 움직이지 않는 고정적인 점이다<그림 1>. 8대 카메라의 동조는 출발선 뒤쪽에 있는 2대의 카메라와 결승선에 있는 2대의 카메라 그리고 배율기법으로 연결한 본부석 측면에 4대의 카메라가 공통으로 촬영되고 있는 5번째 허들을 넘기 위해 피험자가 도약(takeoff)하는 순간을 동조시점으로 하였고 Kwon3d 3.1

프로그램의 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 캘리브레이션 오차는 3.9cm이었다. 촬영 속도는 60 fields/s, 노출 시간은 1/1000s로 설정하였다.

표 1. 연구대상 선수의 신체적 특성과 공식기록

| 선수 | 신장 (cm) | 체중 (kg) | 대회기록 (sec) | 나이 (yrs) |
|-----|---------|---------|------------|----------|
| 이연경 | 173 | 62 | 13"47 | 23 |

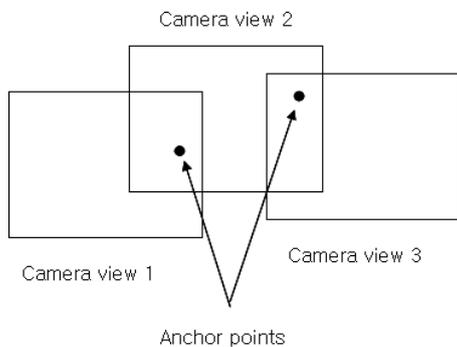


그림 1. Anchor points

3. 자료처리방법

각 관절점의 3차원 위치 좌표값은 DLT방법을 사용하는 Kwon3D 프로그램을 이용하여 산출하였다. 운동학적 자료를 얻기 위해 인체를 20개의 관절점과 14개의 분절로 연결된 강체 시스템으로 가정하였다. 각 분절의 무게중심과 전신 무게중심의 위치를 구하기 위한 인체분절지수(body segment parameter)는 Plagenhoef(1983)의

자료를 이용하였다. 스무딩(smoothing)은 Butterworth 4 차 저역통과필터(low-pass filter)방법으로 3차원 공간 좌 표에 포함된 확률오차(random error)를 제거하기 위하 여 사용하였다. 차단 주파수(cut-off frequency)는 Yu & Hay(1995)가 제시한 차단 주파수 수식을 이용하여 7.4Hz로 정하였다

100m 허들 경기는 허들을 넘은 후 다음 허들까지 4 보, 즉 세 (three)스트라이드로 반복되는 중간질주를 한 후 허들을 넘는다. 이 연구에서 허들 전 구간에 속도 와 소요되는 시간을 다음과 같이 설정하였다. 첫 허들 은 출발에서 첫 허들을 넘어 차는 다리의 발이 지면 에 착지하는 순간으로 정의하였고, 두 번째 허들에서 열 번째 허들까지는 이전 허들을 넘어 차는 다리의 발 이 지면에 착지하는 순간부터 이후 허들을 넘어 착지 하는 다리의 발이 지면에 착지하는 순간으로 정의하였 다. 그리고 열 번째 허들을 넘어 차는 다리의 발이 지 면에 착지하는 순간부터 가슴이 결승점을 통과하는 시 점으로 정의하였다.

III. 결과 및 논의

1. 100m 허들 전 구간에서 속도 변화

100m 허들 전 구간에서 구간별 속도 변화는 <표 2>와 <그림 2>와 같다.

구간별 속도는 출발에서 첫 허들을 넘어 앞으로 차 는 다리(lead leg)가 지면에 착지하는 순간으로 하여 100m를 달리는 동안에 변화되는 속도를 조사하였다.

<표 2>를 살펴보면, 출발에서 첫 허들 넘을 때까지 속도는 이연경 선수가 5.19 m/s로 기록이 12초대를 달 리는 선수들에 비해 약 0.2 m/s이상 작은 것으로 나타 났다. 이는 출발에서 첫 허들을 넘을 때까지 가속시키 는 능력과 출발이 빠르지 않다는 것을 의미한다.

Salo, Grimshaw & Marar(1997)은 1992년부터 1994 년까지 영국 선수권에 참여한 남녀 허들 선수들의 세 번째 허들의 속도가 평균 8.3 ± 0.4 m/s라고 보고하였 고, McDonald & Dapena(1991)는 남녀 허들 경주의 선운동학적 분석에서 세 번째 허들의 평균 속도가 8.33m/s라고 보고하였다. 이연경 선수는 8.07m/s로 선 행연구의 평균 속도에 0.2m/s 이상의 차이를 보였다.

Muller & Hommel(1997)은 제6회 세계 육상 선수권 대회에서 결승에 진출한 여자 허들선수의 경우 네 번 째와 다섯 번째 허들에서 최고의 속도구간이 된다고 보고하였다. 그러나 이 연구에서는 최고의 속도구간이 Donkova 선수를 제외하고 모두 여섯 번째 허들구간으 로 나타났다. 이 구간에서 이연경 선수는 8.22 m/s였 고, Bukovec 선수와 Zaczekiewicz 선수는 8.67 m/s로 0.45 m/s의 차이를 보였다. 그러나 Donkova 선수와는 무려 0.63 m/s의 차이를 보였다. 최고의 속도구간인 여섯 번째 허들 구간에서의 속도의 차이는 각각의 허 들 구간에서의 가속 능력이 떨어지거나, 허들을 넘을

표 2. 100m 허들 전 구간에서의 속도 변화

| 구간 | 선수 | | | | | (m/s) |
|-------------|-------|-----------------|-------------|----------------------|------------------|-------|
| | 이연경 | Brigita Bukovec | Birgit Wolf | Claudia Zaczekiewicz | Yordanka Donkova | |
| 1st hurdle | 5.19 | 5.42 | 5.20 | 5.38 | 5.53 | |
| 2nd hurdle | 7.62 | 8.17 | 7.59 | 8.33 | 8.42 | |
| 3rd hurdle | 8.07 | 8.33 | 7.87 | 8.50 | 8.76 | |
| 4th hurdle | 8.23 | 8.50 | 7.87 | 8.67 | 8.67 | |
| 5th hurdle | 7.96 | 8.58 | 7.87 | 8.42 | 8.85 | |
| 6th hurdle | 8.22 | 8.67 | 8.02 | 8.67 | 8.85 | |
| 7th hurdle | 8.02 | 8.67 | 7.87 | 8.59 | 8.85 | |
| 8th hurdle | 7.97 | 8.50 | 7.87 | 8.33 | 8.85 | |
| 9th hurdle | 7.85 | 8.33 | 7.73 | 8.33 | 8.76 | |
| 10th hurdle | 7.80 | 8.17 | 7.59 | 7.94 | 8.42 | |
| 100m | 8.20 | 8.63 | 7.88 | 8.51 | 8.92 | |
| 기록(sec.) | 13.47 | 12.76 | 13.70 | 12.80 | 12.38 | |

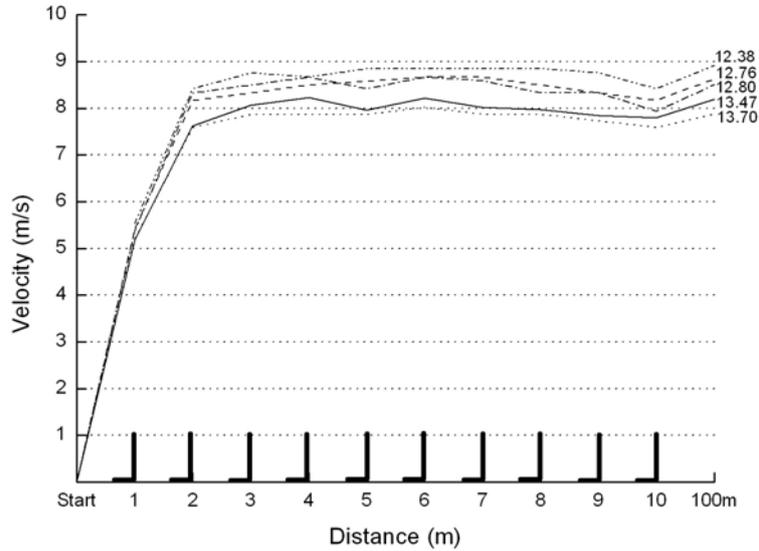


그림 2. 100m 허들 구간별 속도 곡선

때 비행거리가 길고 비행높이가 높거나, 허들링하는 다리가 허들에 부딪쳐 속도의 감소를 초래할 수 있다. 이연경 선수의 경우는 Bukovec, Zaczkiwicz & Donkova 선수에 비해 가속 능력과 관성주 유지 능력이 뒤떨어지는 것으로 나타났다.

Hucklekemes(1991)는 스타트에서 허들을 넘은 후 점차적으로 가속된 속도를 최고 속도구간에서 마지막 허들까지 유지해야 한다고 하였다. 출발에서 결승선까지의 속도 곡선<그림 3>을 살펴보면, 이연경 선수는 속도 곡선의 기울기가 첫 번째 허들에서부터 속도의 차이를 보이기 시작하여 두 번째 허들에서는 현저한 차이를 보였다. 그리고 두 번째 허들에서 열 번째 허들 사이에 8.00 m/s 이상의 속도를 나타낸 시점은 3, 4, 6, 7허들에서 이고 나머지 시점에서는 8.00 m/s 이하의 속도를 보였다. Bucovec 선수는 두 번째 허들에서 열 번째 허들 사이에서 8.17 m/s 이상의 속도를 보였다. 12.38 초를 기록한 Donkova 선수는 8.42 m/s 이상의 속도를 보였다. 이연경 선수가 12초대의 기록을 수립하기 위해서는 출발에서 첫 허들까지 5.40 m/s 이상의 속도로 가속 능력을 향상시키고, 이후 두 번째 허들에서 열 번째 허들까지 8.33 m/s에서 8.67 m/s의 속도 변화 범위를 유지하면서 열 번째 허들을 넘고 결승선까지 8.51 m/s

이상의 속도로 가속 능력을 향상시키면 12초대의 기록을 수립할 수 있을 것이다. 따라서 가장 우선적으로 향상시켜야 할 사항은 장애물 없이 달리는 훈련을 통하여 가속능력을 향상시키는 것이며 다음으로 지구력을 향상시켜 관성주 유지능력을 향상시켜야 할 것이다.

허들을 넘기 위해 차는 다리가 허들을 넘어 지면에 착지하는 순간까지를 기준으로 100m 허들의 중간 기록은 <표 3>과 같다.

Muller(1990)은 스프린트 허들 종목의 현 추세라는 연구에서 여자 허들의 새로운 세계기록을 수립하기 위해서는 1, 3, 5, 7, 9허들의 소요시간을 각각 2.47초, 4.44초, 6.32초, 8.21초, 10.14초가 되어야한다고 보고하였다.

<표 3>을 살펴보면, 이연경 선수가 스타트에서 첫 허들까지 소요되는 시간이 2.74초로 가장 길었으며 이후 Bukovec, Zaczkiwicz 그리고 Donkova 선수와는 현저한 차이를 보였다. 이와 같은 결과가 시사하는 것은 스타트에서의 출발 신호에 대한 반응 시간뿐만 아니라 첫 허들까지의 가속 능력과 더불어 달리기 자세에 문제가 있을 것으로 판단된다. 그리고 허들과 허들사이에서의 가속과 허들을 넘을 때의 비행 소요시간 등 여러 가지 문제점을 내포하고 있을 것으로 판단된다. 최고 속도구간에 도달하는 5번째 허들 이후부터 이연경

표 3. 100m 허들의 구간기록 (sec.)

| 선수 | 허들 | 1st | 2nd | 3rd | 4th | 5th | 6th | 7th | 8th | 9th | 10th | 기록 |
|-------------|----|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 이연경 | | 2.74 | 3.83 | 4.90 | 5.94 | 7.01 | 8.05 | 9.10 | 10.17 | 11.24 | 12.32 | 13.47 |
| Bucovec | | 2.59 | 3.63 | 4.65 | 5.65 | 6.64 | 7.62 | 8.60 | 9.60 | 10.62 | 11.66 | 12.76 |
| Wolf | | 2.70 | 3.82 | 4.90 | 5.98 | 7.06 | 8.12 | 9.20 | 10.28 | 11.38 | 12.50 | 13.70 |
| Zaczkiewicz | | 2.61 | 3.63 | 4.63 | 5.61 | 6.62 | 7.60 | 8.59 | 9.61 | 10.63 | 11.69 | 12.80 |
| Donkova | | 2.54 | 3.55 | 4.52 | 5.50 | 6.46 | 7.42 | 8.38 | 9.34 | 10.31 | 11.32 | 12.38 |

표 4. 100m 허들에서 허들과 허들사이에서 소요되는 시간 (sec.)

| 선수 | 허들 | 1st | 2nd | 3rd | 4th | 5th | 6th | 7th | 8th | 9th | 10th | Fin. | 기록 |
|-------------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 이연경 | | 2.74 | 1.09 | 1.07 | 1.04 | 1.07 | 1.04 | 1.05 | 1.07 | 1.07 | 1.08 | 1.15 | 13.47 |
| Bucovec | | 2.59 | 1.04 | 1.02 | 1.00 | 0.99 | 0.98 | 0.98 | 1.00 | 1.02 | 1.04 | 1.10 | 12.76 |
| Wolf | | 2.70 | 1.12 | 1.08 | 1.08 | 1.08 | 1.06 | 1.08 | 1.08 | 1.10 | 1.12 | 1.20 | 13.70 |
| Zaczkiewicz | | 2.61 | 1.02 | 1.00 | 0.98 | 1.01 | 0.98 | 0.99 | 1.02 | 1.02 | 1.07 | 1.11 | 12.80 |
| Donkova | | 2.54 | 1.01 | 0.97 | 0.98 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.97 | 1.01 | 1.06 | 12.38 |

선수는 각 구간에서 0.50초의 시간 단축을 하여야 13초의 벽을 깨뜨릴 수 있을 것이다. 따라서 이연경 선수가 12초대의 기록을 수립하기 위해서는 우선적으로 달리기 능력에서의 기록 단축이 필수적이라고 할 수 있다.

허들을 넘기 위해 차는 다리가 허들을 넘어 지면에 착지하는 순간까지를 기준으로 허들과 허들사이에서 소요되는 시간은 <표 4>와 같다.

<표 4>을 살펴보면, 이연경 선수는 2번째 허들부터 10번째 허들까지 12초대를 뛰는 Bukovec, Zaczkiewicz 그리고 Donkova 선수들 보다 0.05초 이상 허들을 넘고 달리는데 시간이 더 소요되는 것으로 나타났다. 이연경 선수가 기록을 단축하기 위해서는 출발에서 첫 허들까지 2.50초대로 달려야하고 이후 2번째 허들에서 10번째 허들까지는 1.00초 이하로 소요시간을 유지하여야 한다. 그리고 10번째 허들을 넘고 결승선까지 1.10초 이하로 유지한다면 12초 중반 전후의 기록을 수립할 수 있을 것이다.

Muller(1990)은 여자 허들의 새로운 세계기록을 수립하기 위해서는 2번째 허들에서 5번째 허들까지 구간 소요시간이 0.95초, 7번째 허들에서 10번째 허들까지 구간 소요시간은 0.97초, 그리고 10번째 허들에서 피니쉬까지 구간 소요시간은 1.05초가 되어야한다고 보고하였다.

Hucklekemkes(1991)는 여자 100m 허들을 위한 모델 기술이라는 연구에서 100m 허들을 12.20초로 달리기 위해서는 출발에서 첫 허들까지 2.50초로 달리고 허들과 허들사이의 중간 소요시간은 0.95초에 도달하여야 한다고 하였다. 그리고 10번째 허들을 넘은 이후 결승선까지 소요시간은 1.05초로 달려야한다고 하였다.

이연경 선수가 Hucklekemkes(1991)가 보고한 결과와 같이 되기 위해서는 출발에서 첫 허들까지의 가속 구간에서의 달리기 동작, 허들과 허들사이 달리기 자세와 보폭, 허들을 기준으로 허들을 넘기 위해 이륙하는 발과 허들과의 거리 이후 착지거리 등에서의 개선점을 살펴볼 필요가 있을 것이다.

2. 100m 허들 넘는 동작의 운동학적 변인

이연경 선수가 10대의 허들을 넘는 동작에서 거리, 시간, 속도 변인의 변화는 <표 5>와 같다.

<표 5>를 살펴보면, 이연경 선수는 허들로부터 이륙 지점까지의 거리가 1.71m에서 2.04m의 범위로 거리의 차가 크게 나타났다. 그리고 허들과 착지점과의 거리는 1.04m에서 1.30m의 범위로 거리의 차이가 0.26m의 편차를 보였다.

표 5. 이연경 선수가 10대의 허들을 넘는 동작에서 거리, 시간, 각도, 속도 변인

| 변인 | 허들 | 1st 2nd 3rd 4th 5th 6th 7th 8th 9th 10th | | | | | | | | | |
|--------------------|-----|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | | | | | | | | | |
| 이륙국면 | | | | | | | | | | | |
| 허들로부터 이륙지점까지 거리 | m | 1.71 | 2.08 | 1.98 | 1.79 | 1.86 | 1.83 | 1.87 | 1.89 | 2.01 | 2.04 |
| C.G.의 높이 | m | 1.10 | 1.10 | 1.09 | 1.09 | 1.10 | 1.11 | 1.10 | 1.12 | 1.10 | 1.13 |
| C.G.와 허들과의 수평거리 | m | 1.09 | 1.47 | 1.62 | 1.46 | 1.38 | 1.33 | 1.46 | 1.36 | 1.60 | 1.38 |
| 이륙지점에서 C.G.까지 수평거리 | m | 0.62 | 0.61 | 0.36 | 0.33 | 0.48 | 0.50 | 0.41 | 0.53 | 0.41 | 0.66 |
| C.G.의 합성속도 | m/s | 7.56 | 7.90 | 7.89 | 8.10 | 8.34 | 8.55 | 8.50 | 8.27 | 8.05 | 8.03 |
| 비행국면 | | | | | | | | | | | |
| 비행시간 | s | 0.32 | 0.32 | 0.32 | 0.30 | 0.32 | 0.30 | 0.32 | 0.32 | 0.33 | 0.32 |
| 허들 위의 C.G. 높이 | m | 0.37 | 0.35 | 0.33 | 0.35 | 0.37 | 0.38 | 0.38 | 0.39 | 0.40 | 0.39 |
| 착지국면 | | | | | | | | | | | |
| 허들과 착지점과의 거리 | m | 1.23 | 1.04 | 1.17 | 1.23 | 1.25 | 1.30 | 1.22 | 1.25 | 1.15 | 1.07 |
| C.G.의 높이 | m | 1.08 | 1.09 | 1.10 | 1.12 | 1.12 | 1.14 | 1.13 | 1.14 | 1.14 | 1.13 |
| 착지 지점과 C.G.의 수평거리 | m | 0.06 | 0.12 | 0.12 | 0.21 | 0.08 | 0.23 | 0.15 | 0.12 | 0.11 | 0.06 |
| 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 |

C.G. : 신체중심

Hucklekenkes(1991)는 허들 앞에서 도약하는 발과 허들과의 거리가 평균 1.90m에서 2.00m내에 있고 허들을 넘고 착지하는 발과 허들과의 거리는 평균 0.90m에서 1.05m내에 있다고 보고하였다. 또한 Salo et al.(1997)은 평균 2.09m와 1.10m내에 있다고 보고하였다. 두 연구자의 자료가 이상적인 허들의 도약거리와 착지거리라면 이연경 선수는 허들로부터 이륙지점까지의 거리를 넓히고 허들과 착지점과의 거리를 줄여야 할 것이다. 이러한 동작이 선행되면 허들 간 스트라이드 폭도 조절 될 것이다.

이연경 선수는 이륙지점에서 착지점까지 수평거리가 1과 4허들을 제외하고 3.05m이상으로 길었다. 또한 비행국면에서 허들 위의 신체중심의 높이가 0.33m이상으로 Coh et al.(1998)이 제시한 Bukovec선수의 0.32m보다 높게 나타났다. 따라서 이연경 선수는 신체중심의 포물선 궤도를 낮추고 허들을 넘기 위하여 신체 앞으로 차는 다리가 허들을 넘어 서는 순간 능동적으로 끌어당겨 착지순간에서 일어나는 속도 손실 요인을 줄여야 할 것으로 판단된다.

이륙국면에서 신체중심의 높이 변화는 1.09m에서 1.13m 범위에 있는 것으로 나타났다. 이륙지점에서 신체중심까지 수평거리는 일정한 거리 패턴을 보이지 않았다. 이는 허들로부터 이륙지점까지의 거리가 일정하

지 않고 허들을 향해 차는 다리와 상체의 협응동작이 잘 이루어지지 않았기 때문이라고 판단된다.

Coh et al.(1998)은 Bukovec선수의 경우 이륙국면에서 동심국면의 신체중심의 높이와 착지국면에서 허들을 넘는 후 착지시 신체중심의 높이가 1.03m로 같다고 보고하였다. 이연경 선수는 1허들과 2허들에서는 낮아지고 10허들에서는 같고 나머지 허들에서는 높아지는 경향을 보였다. 착지시 신체중심이 낮아지는 것은 착지하는 발이 지면에 닿는 면적이 많다는 것의 의미하고 반면에 높다는 것은 지나치게 착지하는 발의 앞부분으로 지면에 착지한다고 할 수 있다. 이 두 경우는 허들 비행에서 손실되는 속도와 더불어 착지시의 속도를 감소시키는 원인을 제공한다고 할 수 있다.

IV. 결론 및 제언

세계적인 여자 허들 선수들과 국내 이연경 선수의 운동학적인 특성인 허들에서 속도 변화, 허들 구간별 기록, 소요시간 그리고 허들을 넘는 동작의 운동학적 변인을 비교 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 이연경 선수가 12초대의 기록을 수립하기 위해

서는 출발에서 첫 허들까지 5.40 m/s이상의 속도로 가속 능력을 향상시키고, 이후 두 번째 허들에서 열 번째 허들까지 8.33 m/s에서 8.67 m/s의 속도의 관성주를 유지하면서 열 번째 허들을 넘고 결승선까지 8.51 m/s 이상의 속도로 관성주 능력을 향상시켜야 할 것이다.

둘째, 최고 속도구간에 도달하는 시점을 5번째 허들로 앞 당겨야 하고 이후부터는 각 구간에서 0.50초의 시간 단축을 하여야 할 것이다.

셋째, 이연경 선수가 기록을 단축하기 위해서는 출발에서 첫 허들까지 2.50초대로 달려야하고 이후 2번째 허들에서 10번째 허들까지는 1.00초 이하로 소요시간을 유지하여야 한다. 그리고 10번째 허들을 넘고 결승선까지 1.10초 이하로 유지하여야 할 것이다.

넷째, 이연경 선수는 허들을 기준으로 일정한 패턴의 이륙거리와 착지거리의 조절이 필요하고, 허들을 넘을 때 신체중심의 높이를 0.33m이하로 낮추어야 할 것이다.

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): 선운동. *한국체육학회지*. 41(4), 557-568.
- 임규찬, 정철수, 이만기 (1994). 110m 허들의 구간별 운동학적 변인 분석. *서울대학교 체육연구소논문집*. 19(2), 57-74.
- Coh, M (2003). Biomechanical analysis of Colin Jackson's hurdle clearance technique. *New Studies in Athletics, IAAF*. 18(1), 3-57.
- Coh M, Kastelic J. & Pintaric S.(1998). A biomechanical model of the 100m hurdles of Brigita Bukovec. *Track Coach*, winter. 4521-4529.
- Hommel, H. (1995). NSA Photosequences 33&34-110m hurdles: Colin Jackson. *NSA, IAAF*, 10(3), 57-65.
- Hucklekemkes J.(1991). Model technique for the women's 100-meter hurdles. *Track technique*, winter. 3759-3766.
- Kwon, Y. H.(1994). User's reference manual KWON3D. Motion Analysis Package Version 2.1. V · TEK Corporation.
- Kwon, Y. H.(2005). KWON3D. Motion Analysis Package Version 3.1.
- Lindeman(1995). 400-meter hurdle theory. *Track Coach*, spring. 4169-4196.
- 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.
- Muller, H.(1990). Current trends in the sprint hurdle events. *NSA, IAAF*, 4, 6-11.
- Muller, H. & Hommel, H.(1997). Biomechanical Research Project at the VI World Championships in Athletics, Athens 1997: Preliminary Report. *NSA, IAAF*. 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. N. & Marar, L.(1997). 3-D biomechanical analysis of sprint hurdles at different competitive levels. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(2), 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.

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