



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위논문

여자 100m 허들에서 도약거리에 따른 제1허들
넘기 기술의 운동학적 비교분석

제주대학교 교육대학원

체육교육전공

황 윤 미

2013년 8월

석사학위논문

여자 100m 허들에서 도약거리에 따른 제1허들
넘기 기술의 운동학적 비교분석

지도교수 류 재 청

제주대학교 교육대학원

체육교육전공

황 윤 미

2013年 8月

여자 100m 허들에서 도약거리에 따른 제1허들 넘기 기술의 운동학적 비교분석

지도교수 류 재 청

황 윤 미

이 논문을 교육학 석사학위 논문으로 제출함

2013년 8월

황윤미의 교육학 석사학위논문을 인준함

심사위원장

이 창 준



위 원

양 영 화



위 원

류 재 청



제주대학교 교육대학원 체육교육전공

2013년 8월



<국문초록>

여자 100m 허들에서 도약거리에 따른 제1허들 넘기 기술의 운동학적 비교분석

황 윤 미

제주대학교 교육대학원

체육교육전공

지도교수 류 재 청

본 연구는 여자 100m 허들에서 도약거리(0%, -7, +7)에 따른 제1허들 넘기의 기술 동작을 비교분석하기 위해 실시하였고 대상자는 국가대표 경험이 있는 실업선수 2명과 꿈나무 대표경험이 있는 대학선수 1명을 대상으로 실시하였다.

분석한 운동학적 변인들로는 각 국면별 평균 소요시간, 신체중심위치변화(X, Y, Z), 신체중심속도변화(Y), 하지분절의 각 변위, 동체의 전후경각으로 허들 넘기 기술의 공통된 기술적 특징과 차이검증을 위해 SPSS12.0 통계프로그램을 이용하여 도약거리 간 일원분산분석(One-way Analysis of Variance/ANOVA)을 실시하였고 유의 수준은 $p < .05$ 로 실시하였다. 본 연구를 통하여 얻어진 결론은 다음과 같다.

1. 각 국면별 시간변인

제1허들 넘기의 총소요시간은 도약거리 간 통계적 유의한 차이는 없었지만($p > .05$),

-7%도약거리가 소요시간을 가장 짧게 하는 것으로 나타났고, 제2허들까지의 소요시간은 0%도약거리가 소요시간을 더 짧게 하는 것으로 나타났다.

2. 각 국면별 선운동 변인

1) 신체중심위치의 좌우변화량은 도약거리 간 통계적 유의한 차이는 없었지만 ($p>.05$), +7%도약거리가 DTO, DF-1 국면에서 가장 적은 좌우움직임을 나타냈고, 신체중심위치의 수직변화는 -7%도약거리가 RF-TD 동작 시 가장 높게 발 구름 하는 형태를 보였다.

2) 신체중심위치의 수직변화량은 DTO 국면에서 -7%도약거리가 더 증가하는 형태를 보였고, 전후변화량은 +7%도약거리가 DTO 국면에서 신체중심의 전방이동거리가 가장 길게 통계적 유의한 차이가 나타났다($p<.05$). 신체중심의 전후속도 변화는 RF-TD 동작에서 +7%도약거리가 가장 빠르게 나타났고($p<.05$), 이후 HCM 동작은 0%도약거리가 더 빠른 것으로 나타났다.

3. 각 국면별 각운동 변인

1) 하지분절의 각 변위

오른쪽 힙관절의 각도변화는 RF-TD 동작 시 0%, +7%도약거리가 -7%도약거리보다 더 신전된 형태를 보였고, 이후 LF-TD 동작 시 더 굴곡된 형태를 보였다. 오른쪽 무릎의 각도변화는 발 구름 이지 RF-TD 동작 시 0%, +7%도약거리가 -7%도약거리보다 더 신전하여 동작을 수행하였고, LF-TD 동작은 0%가 가장 굴곡된 자세를 나타냈다.

2) 동체의 전후경각

동체의 전후경각은 0%도약거리가 발 구름 이지 RF-TO 동작 시 가장 전경각 자세를 유지하였고, 착지 LF-TD 동작 시에는 0%도약거리가 가장 신전된 자세로 착지하는 형태를 보였다.

- 목 차 -

I. 서론	1
1. 연구의 필요성	1
2. 연구의 목적	4
3. 연구문제	4
4. 연구의 가설	5
5. 연구의 제한점	5
6. 용어의 정리	6
II. 이론적 배경	7
1. 허들의 이해	7
2. 허들링(Hurdling)의 기술	8
1) 도약(Take off) 동작	8
2) 비행(Flight) 동작	9
3) 착지(Landing) 동작	9
3. 선행연구의 고찰	10
III. 연구방법	12
1. 연구대상	12
2. 실험도구	13
1) 영상 촬영 장비	13
2) 영상 분석 장비	13
3. 실험절차	14
4. 인체 관절점의 좌표화 및 자료 분석 절차	15
1) 인체 관절점의 좌표화	15
2) 3차원좌표의 계산	16

3) 변인 산출	17
5. 이벤트 및 분석 국면	19
6. 자료처리	20
IV. 연구결과	21
1. 각 국면별 시간변인	21
1) 제1허들 넘기 동작의 시간변인	21
2) 구간별 시간변인	23
2. 선운동 변인	24
1) 각 국면별 신체중심위치의 좌우변화량(X)	24
2) 각 이벤트 별 신체중심위치의 수직변화(Z)	26
3) 각 국면별 신체중심위치의 수직변화량(Z)	28
4) 각 국면별 신체중심위치의 전후변화량(Y)	30
5) 각 이벤트별 신체중심속도의 전후변화(Y)	32
3. 각운동 변인	34
1) 각 이벤트별 오른쪽 힙 관절의 각 변인(deg)	34
2) 각 이벤트별 오른쪽 무릎 관절의 각 변인(deg)	36
3) 각 이벤트별 동체의 전후경각(deg)	38
VI. 논의	40
V. 결론	46
IV. 제언	48
참고문헌	49

- 표 차례 -

표 1. 대상자 신체적 특성	12
표 2. 실험도구	13
표 3. 인체 관절점과 디지털타이징 순서	16
표 4. 여자 100m 허들에서 제1허들 넘기 동작 시 시간변인의 기술통계량 (단위: sec)	22
표 5. 여자 100m 허들에서 제2허들 넘기까지 총 소요 시간의 기술통계량 (단위: sec)	23
표 6. 여자 100m 허들에서 제1허들 넘기 동작 시 신체중심위치의 좌우변화량 (단위: cm)	24
표 6. 여자 100m 허들에서 제1허들 넘기 동작 시 신체중심위치의 수직변화 (단위: cm)	26
표 8. 여자 100m 허들에서 제1허들 넘기 동작 시 신체중심위치의 수직변화량 (단위: cm)	28
표 9. 여자 100m 허들에서 제1허들 넘기 동작 시 신체중심위치의 전후변화량 (단위: cm)	30
표 10. 여자 100m 허들에서 제1허들 넘기 동작 시 신체중심속도의 전후변화 (단위: cm/sec)	32
표 11. 여자 100m 허들에서 제1허들 넘기 동작 시 오른쪽 힙 관절 각도변화 (단위: deg)	34
표 12. 여자 100m 허들에서 제1허들 넘기 동작 시 오른쪽 무릎 관절의 각도변화 (단위: deg)	36
표 13. 여자 100m 허들에서 제1허들 넘기 동작 시 동체의 전후 경각 (단위: deg)	38

- 그림 차례 -

그림 1. 실험상황 배치도	14
그림 2. 인체 관절점	15
그림 3. 이벤트 및 국면설정	19
그림 4. 제1허들 넘기 동작 시 시간변인(sec)	22
그림 5. 신체중심위치의 좌우변화량(cm)	25
그림 6. 신체중심위치의 수직변화(cm)	27
그림 7. 신체중심위치의 수직변화량(cm)	29
그림 8. 신체중심위치의 전후변화량(cm)	31
그림 9. 신체중심속도의 전후변화(cm/sec)	33
그림 10. 각 이벤트별 오른쪽 힙 관절의 각도변화(deg)	35
그림 11. 각 이벤트별 오른쪽 무릎 관절의 각도변화(deg)	37
그림 12. 각 이벤트별 동체의 전후경각(deg)	39

I. 서론

1. 연구의 필요성

2011년에는 대구에서 제13회 세계 육상 선수권대회(World Championships in Athletics)가 개최되었고, 이로써 한국은 프랑스, 스페인, 이탈리아, 스웨덴, 일본, 독일에 이어 세계에서 7번째로 하계올림픽, FIFA월드컵을 포함하는 세계 3대 주요 스포츠를 개최한 나라가 되었다(이중숙, 박종진, 배영상, 채원식, 류재균, 박승범, 2010). 이처럼 한국이 스포츠의 강국으로 발전하고 있는 가운데 ‘2010년 광저우 아시안 게임’에서는 남자 110m 허들에 출전한 박태경 선수가 13"48sec의 한국 신기록을 세우며 동메달을 획득하였고 여자 100m 허들에서도 이연경 선수가 13"23sec의 기록으로 금메달을 획득하는 등, 육상 종목에서 총 금메달 3개, 은메달 2개, 동메달 3개를 획득하였다. 그러나 10개 종목에 10명의 결승 진출선수 배출을 목표로 한 대구 세계육상선수권대회에서는 남자 경보를 제외하고는 단 한 명도 결선에 진출하지 못하였다. 특히 결승 진출을 목표로 하였던 남·여 허들경기에서는 예선 1라운드에서 탈락하며 세계적인 우수선수들과 많은 기술적 차이를 보였다.

이러한 허들경기는 빠르고 안정된 허들자세와 질주 능력 등 복합적인 신체적 능력을 필요로 하며(이정호, 박영진, 류재균, 김종인 2008), 스피드와 허들기술 그리고 리듬 이 세 가지가 주된 요인으로 신체의 움직임을 적절하게 사용하여 장애물에 대한 인간의 극한 상황을 처리할 수 있는 능력을 발휘하는 결정체라 하였다(La Fortune, 1988). 100m 허들은 단거리 달리기와는 달리 선형운동인 직선주로 달리기와 궤적운동인 허들넘기가 연속적인 변화로 구성된 기록경기로서 허들링의 투사체 운동 후에는 곧바로 허들로의 질주 자세인 단거리 달리기와 같은 동작을 유지하는 것이 기술의 관건이며(Nickson, 1984; Walker, 1991), 스피드와 유연성, 근력, 기술, 속도, 판단력, 조정력, 하지장 등의 체력 및 체격 요건이 필요하다고 보고하였고(Goss, 1991), 트랙경기이면서도 약 경기의 특성을 동시에 갖고 있다(임규찬, 1995).

구간별로 살펴보면 출발 이후 스타트에서 신체를 가속시켜 13m 위치에 설치된 높이

84cm인 첫 번째 허들을 넘고, 8m50cm 간격의 10대 허들을 넘은 후 피니쉬까지의 거리는 10m50cm이다. 전체구간은 스타트 구간(start), 허들을 넘는 구간(hurdle clearance), 인터벌 구간(interval), 피니쉬 구간(finish)으로 나눌 수 있는데(이정호, 2008), 스타트 구간(start)은 크라우칭 스타트(crouching start)를 사용하여 기본적으로 짧은 시간 안에 가능한 큰 추진력을 발휘해야 하는 구간으로 정지 상태에서 출발신호에 재빠르게 반응하고, 첫 허들까지 얼마나 빠르게 가속화시켜 허들을 넘느냐에 따라 경기력이 좌우된다고 할 수 있다(Hucklemkes, 1990). 허들을 넘는 구간(hurdle clearance)은 허들을 넘기 위해 발을 구르는 도약(take off)동작과 허들 위를 넘어가는 비행(flight)동작, 그리고 허들을 넘은 후 지면에 발이 닿는 착지(landing)동작으로 나눌 수 있으며 인터벌 구간(interval)과 피니쉬(finish)구간은 허들을 넘은 후 스피드를 가속시켜야 하는 구간으로 수평속도의 감속을 최소로 해야 하고 최고 스피드로 달리기 위해서 허들을 넘고 달리는 허들링 동작이 일정하게 발휘되어야 가능하므로 발이 지면에 닿는 동안의 지지시간과 체공시간을 최소로 하여 리드미컬한 보폭을 유지해야 한다(이정호, 2008).

이러한 세부단계에서 스타트 이후 첫 번째 허들을 넘는 동작은 고도의 기술이 요구되는 구간으로 기록에 가장 큰 영향을 미친다고 보고하였으며(Mann & Herman, 1985), 균형, 리듬, 운동량이 처음 15m에서 형성되므로 첫 번째 허들을 넘는 구간이 아주 중요한데, 특히 제1허들에서의 성공적인 허들링 동작이 경기의 승패를 가름하게 된다고 말할 수 있다고 하였다(Goss, 1991). 또한 김종인(2002)도 허들경기에서 첫 번째 허들이 대단히 중요한 포인트로서 허들링 동작이 리드미컬하고 잘 이루어지면 레이스의 50%는 성공한 것이라고 하였다.

허들 전의 보폭(준비구간)은 허들 넘은 후의 구간(착지구간)의 거리보다 길어야 하는데 그 이유는 허들로부터 멀리서 이륙하는 동작은 허들을 넘을 때 신체 무게 중심의 비행궤적이 낮아 허들을 매우 효과적으로 넘을 수 있다(Coh & Dolenc, 1996). 또한 선수가 허들의 앞에서 수직 속도의 피크에 이르게 할 수 있으며, 리드 다리가 지면과 더 빨리 접촉하도록 하고 더 좋은 착지 위치를 취하도록 하여(Cooper, Lavery & Perrin, 1970; Sipes 1976), 착지가 짧아져 스피드를 증가시킬 수 있으므로 착지까지의 거리를 짧게 할수록 착지 후 후속동작에 대한 추진력을 크게 얻는데 유리하다(McDonald & Dapena, 1991).

국내의 허들 넘기에 관한 선행 연구를 살펴보면 엘리트 여자 100m 허들선수들의 운동학적 변인 비교분석(류재균, 장재관, 여홍철, 임정우, 2007), 스타트에서 피니쉬까지 구간별 수평속도 및 기록에 관한 분석(이정호, 류재균, 2007), 제4허들과 5허들에 관한 허들 동작의 운동학적 분석(이정호, 2007), 100m 허들 경기의 허들링 동작 분석(김종인, 1992), 100m 허들경기 출발 동작의 운동학적 분석(김순옥, 1995), 2011 대구육상세계선수권에서 세계 정상급 여자 허들 선수들이 사용하는 허들기술을 분석한 연구(류재균, 장재관, 2011), 110m 허들링 동작의 운동역학적 분석(최점동, 2006), 110m 허들 경기의 제1 허들링 동작에 대한 운동학적 분석(손민자, 1999), 110M HURDLING운동학적 분석(윤태근, 1999)등, 다양한 연구가 이루어 졌다.

이처럼 위 선행연구에서도 허들 넘기 기술과 제1허들 넘기 동작의 중요성은 강조되고 있는데, 제1허들을 넘는 기술은 접지 지점(Take-off)이 가장 중요하며, 스타트에서 첫 번째 허들사이의 거리가 정해져 있기 때문에 보폭을 늘리는 것보다 피치 빈도를 빠르게 하는 것과 허들을 넘기 위한 보폭의 변화가 중요하다(류재균, 이정호, 김혜영, 2006). Doherty(1987)와 Willimczic(1989)는 허들을 넘는 이상적인 도약 비율과 착지비율은 60:40 정도가 가장 적당하다고 강조하였고, Hucklekemkes(1991)는 허들 앞에서 도약하는 발과 허들과의 거리가 평균 1.90m 에서 2.00m 내에 있고 허들을 넘고 착지하는 발과 허들과의 거리는 평균 0.90m에서 1.05m 내에 있다고 보고하였다. 또한 Salo, Grimshaw & Marar(1997)은 평균거리가 2.09m와 1.10m내에 있고, 허들을 넘는 스트라이드 길이는 2.80m에서 3.05m 범위 내에 있다고 보고하는 등, 제1허들 넘기 시 도약거리의 평균은 제시되고 있지만 서로 다른 신장에 따라 제시할 수 있는 자료는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 국가대표경력이 있는 실업팀 여자선수 2명과 꿈나무 대표 경험이 있는 대학선수 1명을 대상으로 도약거리에 따른 제1허들 넘기 동작의 운동학적 변인을 규명하여 서로 다른 신장을 가진 선수들에게 효율적인 허들 넘기 동작을 할 수 있는 적합한 도약거리를 제시하고자 한다.

2. 연구의 목적

본 연구의 목적은 국가대표 경력이 있는 실업팀 여자선수 2명과 꿈나무 대표 경험이 있는 대학선수 1명을 대상으로 제1허들 넘기 동작 시 도약 거리에 따른 운동학적 변인을 비교 분석하여 각 신장별 적합한 도약거리를 제시함으로써 경기력을 극대화 할 수 있는 기술적 특징을 규명하고 분석된 운동학적 변인을 바탕으로 국내 허들 선수들과 지도자들에게 경기력 향상을 위한 기초 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

3. 연구문제

1) 운동학적 변인

(1) 시간 변인

- 제1허들 넘기 동작 시 도약거리에 따른 허들 넘기 기술의 각 국면별 소요시간 변인분석.

(2) 선 운동 변인

- 제1허들 넘기 동작 시 도약거리에 따른 허들 넘기 기술의 각 국면별 신체중심위치변화(X, Y, Z).
- 제1허들 넘기 동작 시 도약거리에 따른 허들 넘기 기술의 각 국면별 신체중심속도변화(Y).

(3) 각운동 변인

- 제1허들 넘기 동작 시 도약거리에 따른 허들 넘기 기술의 각 국면별 하지분절(고관절, 무릎관절)의 각 변위.
- 제1허들 넘기 동작 시 도약거리에 따른 허들 넘기 기술의 각 국면별 동체의 전후경각.

4. 연구의 가설

본 연구의 목적을 달성하기 위하여 다음과 같이 연구의 가설을 설정하였다.

- 1) 여자 100m 허들에서 제1허들 넘기 동작 시 도약거리(신장비율)에 따라 시간변화에 차이가 있을 것이다.
- 2) 여자 100m 허들에서 제1허들 넘기 동작 시 도약거리(신장비율)에 따라 신체중심 위치변화(X, Y, Z)에 차이가 있을 것이다.
- 3) 여자 100m 허들에서 제1허들 넘기 동작 시 도약거리(신장비율)에 따라 신체중심 속도변화(Y)에 차이가 있을 것이다.
- 4) 여자 100m 허들에서 제1허들 넘기 동작 시 도약거리(신장비율)에 따라 하지관절(오른쪽 힙, 오른쪽 무릎) 각 변위에 차이가 있을 것이다.
- 5) 여자 100m 허들에서 제1허들 넘기 동작 시 도약거리(신장비율)에 따라 동체의 전후 경각에 차이가 있을 것이다.

5. 연구의 제한점

본 연구는 다음과 같은 제한점을 갖는다.

- 1) 선수 개인의 심리적, 생리적 특성은 고려하지 못하였다.
- 2) 연구 대상자는 국가대표 경험이 있는 실업선수 2명과 꿈나무 대표 선수 경험이 있는 대학선수 1명이며, 총 3명으로 제한하였다.
- 3) 실제 경기상황이 아닌 실험 상황으로 하였다.
- 4) 출발 이후 스타트부터 제2허들을 넘는 동작까지의 구간으로 실험을 제한하였다.

6. 용어의 정리

본 연구에 사용되는 용어에 대한 정의는 다음과 같다.

- 1) lead leg : 허들을 넘기 위해 도약 시 전방 수직 방향으로 무릎을 높게 올리는 다리(좌).
- 2) trail leg : lead leg를 올릴 때 도약한 다리(우)의 무릎을 굴곡하여 허리 옆으로 도는 자세.
- 3) dip : 허들 도약 시 상반신을 최대로 숙여 던지는 자세.
- 4) 허들링(stride over hurdle) : 허들을 건너 넘는 동작으로 take off부터 landing 까지의 동작.
- 5) 접지(touch down) : 도약하는 발이 지면에 닿는 순간.
- 6) 이지(toe off) : 접지 후 발이 지면에서 떨어지는 순간.
- 7) 도약(take off) : 접지부터 이지까지로 발을 지면에 구르는 동작.
- 8) 착지(landing) : 허들을 넘은 후 발(좌)이 지면에 닿는 동작.
- 9) 비행정점 (Peak) : 허들을 넘는 동안 신체 무게중심의 포물선 궤도 정점.
- 10) 도약거리 0% : 선수들이 일반적으로 사용하는 거리.
- 11) 도약거리 -7% : 0%에서 신장비율의 7%를 뺀 거리.
- 12) 도약거리 +7% : 0%에서 신장비율의 7%를 합한 거리.

II. 이론적 배경

1. 허들의 이해

허들경기는 달리면서 모두 10대의 장애물을 넘어야 하며, 허들을 최대한 빠르게 넘어 결승선에 골인하는 경기로서 허들 종목은 직선 경기인 여자 100m 허들, 남자 110m 허들과 직선과 곡선을 달리는 400m 허들 경기가 있다(이정호, 2004a). 기술적인 측면에서 허들경기는 단순히 허들을 넘는 경기가 아니라, 근본적으로 단거리 달리기와 같이 질주 스피드를 겨루는 경기이기 때문에 그 기술이 근본적으로는 단거리 달리기와 동일하다고 할 수 있다. 그러나 단거리 달리의 기술을 바탕으로 하되 허들을 효율적으로 넘기 위한 독특한 기술이 요구되어야 한다는 것은 부인할 수 없는 사실이다(스포츠과학연구소, 1987). 또한 트랙경기과 도약경기의 특성을 모두 갖추고 있는 허들경기는 단거리 경기에서 필요한 순발력과 스피드는 물론, 고도의 기술력을 요하기 때문에 많은 경기경험과 복합적인 기술을 조정할 수 있는 협응력을 필요로 하며(김의환, 김종인, 1992), 크고 부드러운 동작, 리듬, 타이밍, 밸런스 등이 단거리에서 보다 훨씬 뛰어나야 한다고 하였다(강상학, 2005).

다른 어떤 종목보다도 필요한 것이 허들에 대한 과감성에 의한 조정 능력(릴렉스, 밸런스, 리듬, 타이밍)과 기술에 의한 허들링인데, 허들을 넘는다는 것은 매끄러운 리듬으로 허들을 넘고, 달리는 연속 동작으로 유연성이 좋고 발 구름의 타이밍, 허들위에서의 균형, 착지의 타이밍과 부드럽고 강한 인터벌 런닝이 좋아야 하기 때문에 우수한 허들 선수는 다른 스포츠 종목에서도 교차성과 유연성이 양호하여 탁월한 능력을 발휘하고 있음을 알 수 있다(김종인, 2009). Myers(1986)는 허들선수에게는 스프린터의 속도와 허들을 넘는 평형성 및 리듬 감각이 뛰어나야 한다고 하였으며 Rallins(1986)도 멀리뛰기 선수의 도약력, 400m 선수의 스피드 지구력이 필요하다고 하였는데 스피드 지구력은 출발에서부터 시작하여 허들을 넘으면서 가속하고 그 가속된 속도가 최고에 도달하는 시점에서 결승선까지 유지하는 것이다. Clarke(1976)에 의하면, 체력요인은 기초체력 요소들이 풍부해야하며, 특히 허들을 넘기 위한 순발력, 민첩성, 유연성, 스피드와 교차

성, 무산소성 지구력 등 여러 가지 전문체력요인을 요구하였고 Goss(1991)도 유연성, 근력, 기술, 속도, 판단력, 조정력, 하지장 등의 체력 및 체격요인이 필요하다고 하였다. 또한 Schnier(1986)는 허들 기술을 습득할 때 나타나는 결점은 대체로 유연성 부족에 있다고 하였다.

이처럼 허들을 넘는 동작은 질주의 폼이 변화한 것으로 도약종목의 높이뛰기나 멀리뛰기처럼 ‘허들을 뛰어 넘는다’의 의미보다는 ‘허들을 달려 넘는다’ 또는 ‘스처 넘는다’라는 개념으로 생각해야 한다(김종인, 2002).

허들경기의 경기력은 모든 스포츠와 마찬가지로 선수자신의 입장에서 볼 때 선천적인 재능과 더불어 직접적으로는 신장이 장신인 체격요인과 스피드, 순발력, 근력 등의 왕성한 체력, 탁월한 기술, 그리고 투철한 정신력 등의 총합에 의하여 결정되며, 간접적으로는 코칭, 경기장 분위기, 경기장 시설, 일기 조건, 훈련 외적 ,방법 등의 요인들이 합해져 결정된다(김의환 등, 1992). 또한 각각의 허들을 넘는 기술은 허들과 이륙 위치에 따라 운동학적 변인들이 일관성 있게 나타나지 않기 때문에 허들 간 질주 능력과 허들 넘는 기술에 의해 경기력이 결정된다(Coh, Kastilic, Pintaric, 1998). 이러한 허들은 운동 역학의 총체이며, 북 아메리카, 러시아, 동독 등 유럽 국가들에 의해 연구되고, 개발되고 실행되어 왔다(김종인, 2009).

2. 허들링(Hurdling)의 기술

1) 도약(Take off) 동작

허들경기의 경기력을 좌우하는 가장 중요한 운동학적 요인 중 하나는 도약 순간의 수평속도라고 했으며, 허들을 넘는 동작에서 수평속도의 유지가 경기력과 밀접한 관계가 있다고 했다(Muller, 1990; Salo et al. 1997). 이때 신체는 최대한 전경자세를 취하면서 몸을 던져야 도약 순간 불필요한 수직속도를 줄이고 수평속도를 증가 시킬 수 있는데(Mann et al., 1985), 수평 거리와 지면 지지시간을 가능한 짧게 함으로서 강한 도약을 발휘할 수 있고 도약 순간 신체 무게중심의 수직높이는 높을수록 허들을 낮게 넘을 수 있으며(Coh, 2003), 발 구르기 하는 동시에 반대쪽 다리의 무릎을 빠르게 끌어올리고 허들 위에서 자연스럽게 뺏어야 한다(이정호, 2008).

허들을 넘을 때 신체가 좌우로 움직임이 클수록 안정된 질주자세를 유지하지 못하기 때문에 효율적인 허들링 동작을 발휘하지 못하고 스피드의 감속을 유발하므로, 도약 동작은 상체를 최대한 전경자세로 유지하여 허들을 넘어야 한다(이정호, 2008).

2) 비행(Flight) 동작

허들을 넘는 자세는 발 구르는 다리의 반대 발 무릎과 발목을 도약과 동시에 허들 상단 위까지 끌어올려 뻗어야 하며, 빠르게 스윙하는 자세를 유지해야 하고, 비행정점에서 도약한 발은 허들위에서 무릎을 접어 가슴에 안듯이 끌어당겨야 하며, 허들을 넘은 후 발이 지면에 닿는 착지는 신체를 전경자세가 되도록 유지하여 수평속도가 감소되지 않도록 안정된 착지자세를 발휘해야 하며(Hall, 1993), 앞다리는 재빨리 하방운동을 자연스럽게 시작하도록 하고, 무릎을 고관절보다 앞에 위치시켜 가슴과 겨드랑이 사이로 움직이고 발끝은 허들에 닿지 않도록 하기 위해 윗 방향으로 유지되어야 한다(Rallins, 1986).

허들을 넘을 때 비행거리가 짧거나 신체중심이 높으면 점프동작과 같은 불안정한 비행형태가 되므로 도약순간 비행거리를 가능한 길게 하여 허들을 스치듯이 넘고, 짧게 착지해야 한다(이정호, 2008). 일반적으로 허들 비행의 포물선 정점은 허들보다 앞쪽에 위치하며, 비행거리는 허들의 위치를 기준으로 도약하는 발이 지면에서 떨어지는 이지순간 발끝에서 허들까지를 도약거리(take-off distance)라고 하며, 허들을 넘은 후 발이 지면에 닿는 순간까지를 착지거리(landing distance)로 구분한다(Dapena, 1991).

3) 착지(Landing) 동작

착지 동작은 허들을 넘은 후 안정된 착지자세를 유지하면서 스피드를 발휘해야 하는 구간으로 착지에서 스피드의 감소를 최소화해야 하는데(이정호, 2008), 빠른 착지를 위해 끌어올린 다리(lead leg)는 무릎과 발목을 빠르게 스윙하는 자세로 지면에 착지하고, 끌어당기는 다리(trail leg)는 허들 위에서 가슴에 안듯이 빠르게 접어 앞으로 보내야 한다(Hall, 1993). 이때 착지자세는 신체 무게중심을 앞에 위치하여 최소단위로 착지해야 하며, 착지 순간 신체 무게중심이 뒤로 가지 않도록 하여 착지 후 가속 할 수 있도록 전경자세를 취해야 한다(이정호, 2008). 즉 허들에서 착지까지의 거리를 짧게 할수록 착지 후 후속동작에 대한 추진력을 크게 얻는데 유리하다(McDonald et al., 1991).

허들을 넘은 후 착지동작에서 빠른 가속을 위해 지면 접촉 소요시간을 최소화해야 한다고 하였으며, 착지에서 수평속도의 감소와 기록의 변화가 큰 것은 착지 순간 지면 접촉시간이 수평속도에 영향을 주기 때문이라고 하였다(Mann et al., 1985; McDonald et al., 1991). 즉 착지구간은 허들비행에서 감속된 신체중심의 수평속도를 회복하기 위해 허들에서 착지까지의 이동거리와 소요시간을 짧게 함으로서 후속동작에 대한 추진력을 얻을 수 있으며 수평속도를 증가시킬 수 있다(Coh, 2003). 따라서 허들을 넘은 후 착지에서 스피드를 유지하기 위해서 착지 순간 신체 무게중심의 수직 높이를 높게 유지하면서 착지하여 최대 가속 할 수 있는 높이로 유지하면서 수평속도를 증가시켜야 한다(이정호, 2008).

3. 선행연구의 고찰

윤태근(1999)은 국가대표 선수와 그에 준하는 선수 4명을 대상으로 110m 허들의 제1 허들을 중심으로 허들링의 운동학적 분석을 하였는데 허들링의 거리는 기록이 좋은 선수의 경우 허들과 착지거리가 길고 허들 후 착지거리가 짧게 나타났으며, 신체중심위치의 상하, 좌우변화의 폭은 국가대표 선수들이 적은 것으로 보고하였다.

류재균 등(2011)은 2010 대구국제육상경기대회에서 100m 허들 결승에 진출한 국내의 선수들을 대상으로 5th 허들을 넘는 기술의 특성을 분석하였는데 접지 순간과 이지 순간에서 신체무게중심의 높이 변화는 점진적으로 높아지는 상태에서 허들을 향해 이륙하는 것으로 나타났고 이지 순간에 신체무게중심의 도약각은 국외 선수들보다 국내 선수들이 비교적 높게 도약하는 것으로 나타났다고 하였다.

이정호 등(2007)은 100m 허들 한국기록보유자인 국내 허들 선수와 세계기록보유자 및 올림픽 상위입상자 국외 우수선수 2명을 대상으로 스타트에서 피니쉬까지 허들 전 구간별 구간별 수평속도를 분석한 결과 스타트에서 첫 번째 허들까지 5m/sec 이상 점차적으로 수평속도가 증가하나 국내 선수는 국외선수보다 전반 허들구간에서 스피드를 가속시키는 능력이 부족한 것으로 나타나 스타트에서 순간적인 가속능력을 향상시켜 첫 번째 허들을 5.19m/sec 이상 가속도를 발휘하여 허들을 넘어야 할 것으로 보고하였다.

모명희(2003)는 여자 중학교 100m 허들 선수들을 대상으로 한 우수 허들 선수의 동작분석에 관한 연구에서 허들링 시 주요 신체분절의 각도는 숙련자와 미숙련자간에 차이가 나타났으며 신체중심높이가 최고일 때 숙련자가 낮게 나타났고 허들링 거리에서 숙련자는 발 구름 거리가 착지거리보다 길었고 미숙련자는 착지 거리가 발 구름 거리보다 길었다고 보고하였다.

김의환 등(1992)은 세계 엘리트 주니어 여자 100m 허들선수의 아홉 번째 허들링 동작에 관한 신체중심의 수평속도와 수평거리를 조사하여 신체중심의 포물선 궤도에 따른 허들링 동작의 수평 이동거리와 소요시간에 따른 기술적 특징을 제시하였다.

임규찬(1995)은 허들링 동작을 행하는 전신 각운동량과 신체분절에 관한 각운동량을 분석한 결과 허들을 넘는 동안 X, Y, Z축 성분의 각운동량은 모두 부적으로 나타났다고 보고했으며, 좌·우측에 대한 각운동량은 우수선수일수록 허들을 통과하기 직전에 오른쪽 고관절의 외측 회전이 최대의 값을 보이고 착지 시 최대 신전 각속도의 각운동량을 갖는다고 보고하였다.

국외연구로는 Hucklekemkes(1991)가 여자 100m 허들의 기술적 모델이라는 연구에서 올림픽과 독일 선수권, 유럽 주니어 선수권에서 우승한 선수를 대상으로 10대의 허들에 대한 기술적인 요인들을 기술하고 여자 100m 허들의 표준 모델을 제시하였는데 허들을 중심으로 도약하는 시점까지의 거리는 1.90m에서 2.00m이고, 착지시점까지 거리가 2.80m에서 3.05m로 보고하였고, 1988년 서울올림픽에서 우승한 100m 허들 세계기록보유자 Donkova 선수를 대상으로 스타트에서 피니쉬까지 구간별 기록을 제시하고 운동학적 분석을 통하여 최고가속화 되는 구간의 도약, 비행, 착지에 대한 기술적 특징을 제시하였다.

Ⅲ. 연구방법

본 연구는 3차원 영상분석을 이용하여 여자 100m 허들에서 도약거리에 따른 제1허들 넘기 기술의 운동학적 변인을 분석하여 경기력을 높일 수 있는 방법과 효율적인 허들 넘기 기술을 규명하기 위하여 수행하였고, 본 연구의 대상자, 실험장비, 실험절차, 자료처리 및 분석방법은 다음과 같이 설정하였다.

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 국가대표 경력이 있는 실업팀 여자선수 2명과 꿈나무 대표선수 경험이 있는 대학선수 1명으로 선정하였다. 특히 대표선수 2명은 최근 대구 국제육상경기대회에 출전경험이 있으며, 7년 이상의 경력을 가진 선수들이었다. 실험에 참가한 모든 대상자들에게 실험 내용과 목적을 충분히 설명한 후, 실험 참여 동의서를 사전에 받고 실시하였으며, 이들의 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 대상자 신체적 특성

Subject	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	Career (yrs)	Lower Extremity(cm)	Best Record(sec)
A.J.H(A)	24	171.2	57.2	9	102.5	13.81
J.H.L(B)	27	169.5	51.8	12	101.5	13.15
Y.S.J(C)	22	173.1	58.1	7	103.1	14.46
M±SD	24.33±2.52	171.36±1.80	55.70±3.41	9.33±2.52	102.37±0.81	13.81±0.66

2. 실험도구

본 연구에 필요한 실험도구는 <표 2>와 같이 영상 촬영 장비와 영상분석 장비로 구성하였다.

표 2. 실험도구

장비	모델명	제조회사	비고
디지털캠코더(Mini DV)	HDR-HC7/HDV 1080i	SONY	4대
디지털캠코더 삼각대	055XDB	MANFROTTO	4개
통제점틀	2m×2m×1m	VISOL	-
A/D sync box	VSAD-101-USB-V2	VISOL	1대
LED모듈	MP-20B	MATIN	3개
조명등	-	VISOL	4개
Kwon3D	Motion Analysis Package ver3.016	VISOL	-

1) 영상 촬영 장비

본 연구의 3차원 영상 촬영을 위하여 SONY사의 HDR-HC7의 디지털캠코더와 조명등을 삼각대에 부착시켜 약 2m 높이로 고정하고, 디지털 캠코더의 장면설정에서 배경을 부드럽게 만들면서 사람이나 꽃과 같은 피사체를 강조하기 위하여 인물(부드러운 초상화)모드로 설정하였다. 노출시간은 피사체가 밝고 어두움에 따라 조절할 수 있도록 수동으로 설정하여 실험환경에 가장 적합하게 조절하였고 셔터속도는 수동으로 설정하여 60frame/sec로 촬영하였다.

2) 영상 분석 장비

본 연구의 영상 분석 장비는 (주)비솔의 Kwon3D Motion Analysis Package ver 3.016 프로그램이 장착된 PC를 이용하여 동작분석에서 선별된 신체부위(분석대상점)의 실제위치를 계측하는 방법 중 하나인 경험적(empirical)방식 중 대표적인 DLT(Direct Linear Transformation)방식을 이용하여 피사점의 실 좌표와 상점의 상평면좌표 사이에 존재하는 변환식과 실 좌표를 이미 아는 통제점들을 이용하여 변환식의 계수를 계산하여 운동학적 변인에 대한 자료를 산출하였다.

3. 실험절차

본 연구는 J 시 종합경기장에서 실시하였고, 여자 100m 허들에서 도약거리에 따른 제1허들 넘기 동작을 촬영하기 전에 3차원 공간 좌표를 설정하기 위하여 통제점이 표시된 직사각형 통제점틀(2m×2m×1m)을 설치하였다. 디지털 캠코더 및 조명등은 통제점틀 및 실험장면을 완전히 포착할 수 있는 범위에서 높이, 좌·우 대각선 방향을 고려하여 조명등이 카메라와 동일선상에서 비추지 않도록 삼각대로 고정시켜 설치하였고, 디지털 캠코더의 속도는 60frame/sec로 하고, 노출시간(exposure time)은 1/500초로 설정한 후 통제점틀을 약 1분간 촬영한 다음 통제점틀을 제거하였다. 또한 영상 분석 시 활용할 자료를 얻기 위하여 검은색 타이즈를 착용하게 한 후 인체 관절31개 지점에 랜드마크(landmark)를 부착한 실험대상자에게 해부학적 자세를 취하게 한 뒤 약 10초 동안 촬영한 후, 허들 넘기 동작을 촬영 전 실험 상황을 의식하지 않고 할 수 있도록 사전에 충분한 연습 후 각 거리별 3회씩(총 9회)촬영하여 그 중 성공한 2회의 동작을 분석대상으로 선정하였다. 허들 영상 촬영구간은 스타트 이후 제2허들을 넘고 착지한 순

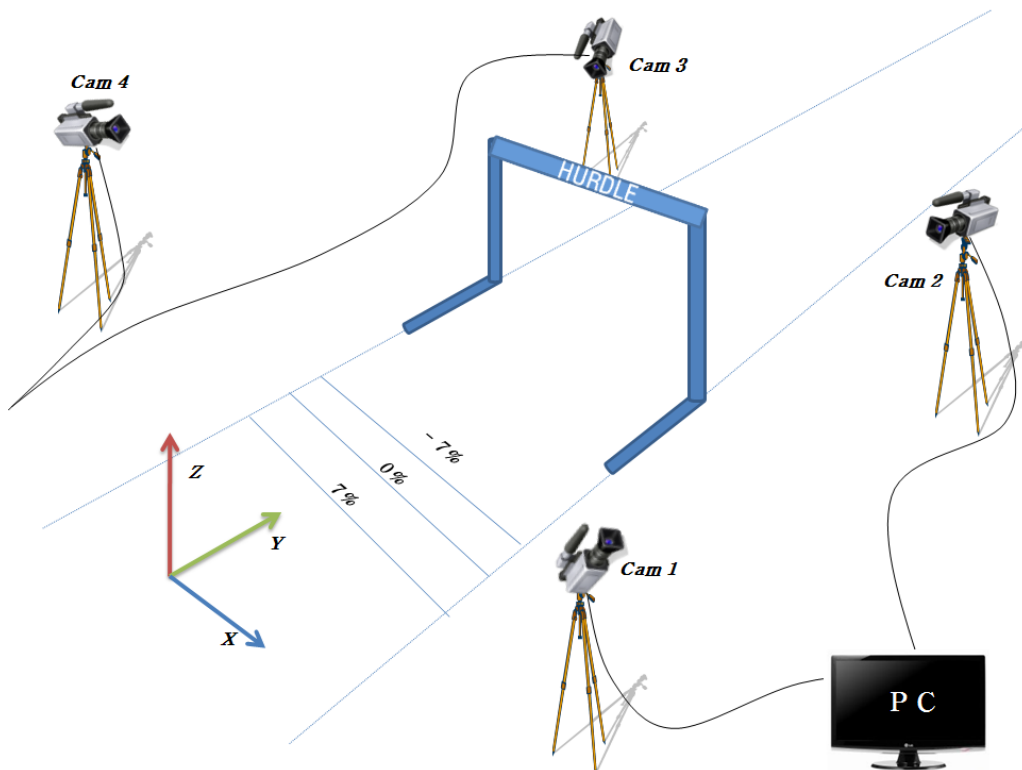


그림 1. 실험상황 배치도

간까지 촬영하고, 이때 허들을 넘는 진행방향을 Y축, 진행방향의 좌우를 X축, 수평·좌우 방향에 대한 수직축을 Z축으로 설정하였으며, 실험 장비의 배치는 <그림 1>과 같이 설정하였다.

4. 인체 관절점의 좌표화 및 자료 분석 절차

1) 인체 관절점의 좌표화

본 연구에서 신체 분절 무게의 중심 위치에 대한 인체분절 자료는 Plagenhoef, Evans & Abdelnour(1983)의 자료를 이용하였고, 디지털타이징 포인트는 <그림 2>와 같이 신체 관절점 21개 외에 기준점 10개를 포함하여 한 프레임당 31개의 포인트를 디지털타이징 하였다. 인체 관절점과 디지털타이징 순서는 <표 3>과 같다

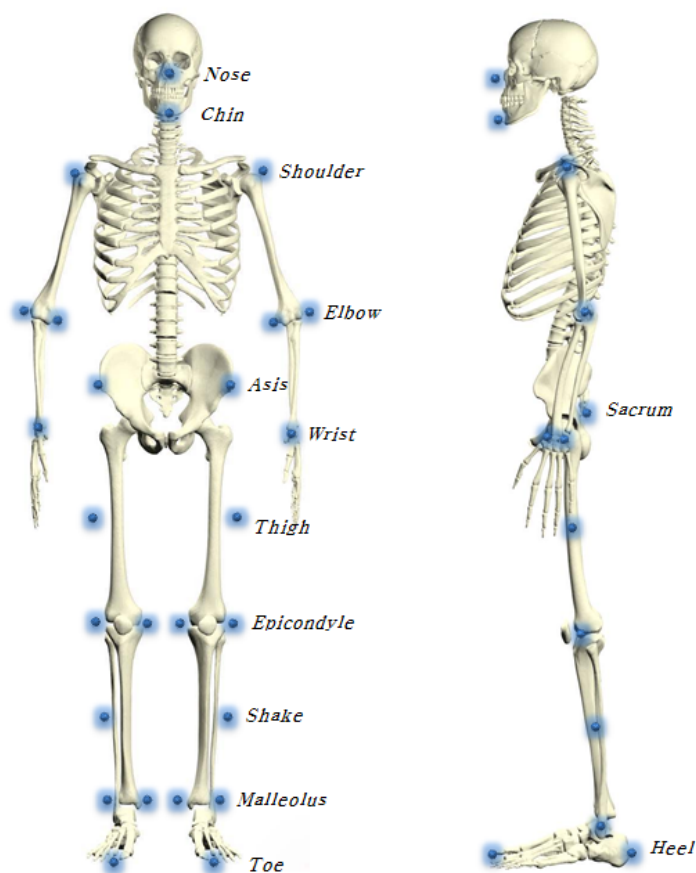


그림 2. 인체 관절점

표 3. 인체 관절점과 디지털화 순서

순서	인체 관절점	순서	인체 관절점
1	R. Toe	17	L. med Epicondyle
2	R. Heel	18	L. Thigh
3	R. lat Malleolus	19	L. Asis
4	R. med Malleolus	20	R. lat Wrist
5	R. Shake	21	R. med Wrist
6	R. lat Epicondyle	22	R. lat Elbow
7	R. med Epicondyle	23	R. med Elbow
8	R. Thigh	24	R. Shoulder
9	R. Asis	25	L. lat Wrist
10	Sacrum	26	L. med Wrist
11	L. Toe	27	L. lat Elbow
12	L. Heel	28	L. med Elbow
13	L. lat Malleolus	29	L. Shoulder
14	L. med Malleolus	30	Chin
15	L. Shake	31	Nose
16	L. lat Epicondyle		

2) 3차원좌표의 계산

본 연구의 자료처리는 KWON 3D ver3.1 분석프로그램을 사용하였고, 자료처리과정은 36개의 통제점을 이용하여 실 공간 좌표가 계산된 후 3차원 좌표값이 산출되며, 축에 대한 정의는 진행방향을 Y축, 진행방향에 대한 좌우방향을 X축, 상·하(수직)방향을 Z축으로 정의 하였다. 3차원 자료는 Abdel-Ariz와 Karara(1971)의 DLT방법을 이용하였고, DLT방법을 이용하여 3차원의 좌표값을 계산할 때 디지털화 오차와 기계적인 오차에 의해 생기는 노이즈(noise)를 제거하기 위해 Butterworth 저역 필터(low pass filter)를 사용하여 원 자료를 필터링 하였고, 이때 차단주파수(cut-off frequency)는 6.0Hz로 설정하여 사용하였다.

3) 변인 산출

(1) 시간변인

본 연구에서의 국면별 시간변인은 각각의 프레임 간의 시간 간격이 0.0167초이므로 각 국면별 이벤트 시작점부터 이벤트 마지막지점까지의 프레임수를 계산하여 각 프레임 수에 0.0167초를 곱하여 구한다.

$$\text{국면별 소요시간} = (D_2 - D_1) \times 0.0167 \text{초}$$

(2) 선 운동 변인

본 연구에서 분석한 선 운동 변인은 신체중심 위치, 속도이다. 우선 전신의 신체 중심 위치는 전역 좌표계에 대한 각 분절의 중심 위치를 통해 얻어진다. 전역좌표계에 대한 각 분절을 구성하는 좌표점의 위치 벡터의 성분 x_i, y_i, z_i 각각에 대하여 분절 i 의 중심 좌표 cg_i 는

$$cg_i = P_i + (D_i - P_i)P_j / 100$$

(P_i 는 i 번째 분절의 근위단 좌표, D_i 는 i 번째 분절의 원위단 좌표, P_j 는 분절 길이의 백분율로 표시된 근위단으로부터 중심까지의 거리)로 구할 수 있으며 전역 좌표계에 대한 각 분절 중심의 위치 벡터의 성분 x_i, y_i, z_i 각각에 대한 무게 중심 위치

$$CG = \sum_{i=1}^5 (cg_i \cdot m_i) / M$$

(cg_i 는 i 번째 분절의 무게 중심 위치, m_i 는 전체 질량의 백분율로 표시된 i 번째 분절의 질량, M 은 인체 측정학 자료의 백분율로 표시된 분절 질량을 합한 전체 질량)으로 구한다.

위의 방법에 의해 산출된 전신의 신체 중심의 위치에 대하여 3차 스플라인 함수(cubic spline function)를 이용해 시간에 대해 변위 함수 $S(t)$ 를 산출한다. 이러한 변위 함수를 일차 미분하여 시간에 대한 위치의 변화율을 나타내는 속도 함수 $S'(t)$ 를 구

하고 이차 미분하여 가속도 함수 $S''(t)$ 를 얻음으로써 신체 중심 속도와 가속도를 산출한다.

$$S(t) = C_3t^3 + C_2t^2 + C_1t + C_0$$

$$S'(t) = 3C_3t^2 + 2C_2t + C_1$$

$$S''(t) = 6C_3t + 2C_2$$

(S는 변위, t는 시간, C_3, C_2, C_1, C_0 는 스플라인 계수)

(3) 각운동 변인

본 연구에서 각도는 발목 관절, 무릎관절, 고관절에 대하여 각 관절의 굴곡-신전각을 산출할 수 있으며 이러한 관절각에 대하여 각속도를 계산한다. 우선 각 관절각은 각도를 구성하는 두 벡터의 내적(dot product)을 이용하여 구한다. 즉 내적의 정의에 의해 두 벡터 $U(X_i, X_j, X_k)$ 와 $V(Y_i, Y_j, Y_k)$ 가 이루는 각 θ 는

$$\cos\theta = \frac{U \cdot V}{|U| \cdot |V|} = \frac{X_i Y_i + X_j Y_j + X_k Y_k}{\sqrt{X_i^2 + X_j^2 + X_k^2} \cdot \sqrt{Y_i^2 + Y_j^2 + Y_k^2}}$$

로 정의되므로 계산된 $\cos\theta$ 의 값을 x라고 하면 $\theta = \arccos x$ 로 구한다.

★ 고관절각의 계산

대퇴의 분절 벡터 \vec{S}_{sh} (X_i, X_j, X_k)와 상체의 분절 벡터 \vec{S}_{tr} (Y_i, Y_j, Y_k)가 이루는 각

$$\gamma = \arccos \frac{\vec{S}_{fo} \cdot \vec{S}_{sh}}{|\vec{S}_{fo}| \cdot |\vec{S}_{sh}|}$$

★ 무릎관절각의 계산

하퇴의 분절 벡터 \vec{S}_{sh} (X_i, X_j, X_k)와 대퇴의 부적 분절 벡터 \vec{S}_{th} (Y_i, Y_j, Y_k)가 이루는 각

$$\beta = \arccos \frac{\vec{S}_{sh} \cdot \vec{S}_{th}}{|\vec{S}_{sh}| \cdot |\vec{S}_{th}|}$$

5. 이벤트 및 분석 국면

본 연구는 <그림 3>과 같이 제1허들을 넘는 동안 발 구름 동작부터 착지하는 동작까지 4개의 이벤트(Event)와 3개의 국면(Phase)으로 설정하여 운동학적 변인을 산출하였다.

1) 이벤트(Event)

- ① Right Foot - Touch Down(RF-TD) : 오른쪽 발이 땅에 닿는 순간
- ② Right Foot - Take Off(RF-TO) : 오른쪽 발이 땅에서 떨어지는 순간
- ③ High Center of Mass(HCM) : 허들을 넘는 동안 신체중심의 최고 정점높이
- ④ Left Foot - Touch Down(LF-TD) : 허들을 넘은 후 왼쪽발이 땅에 닿는 순간

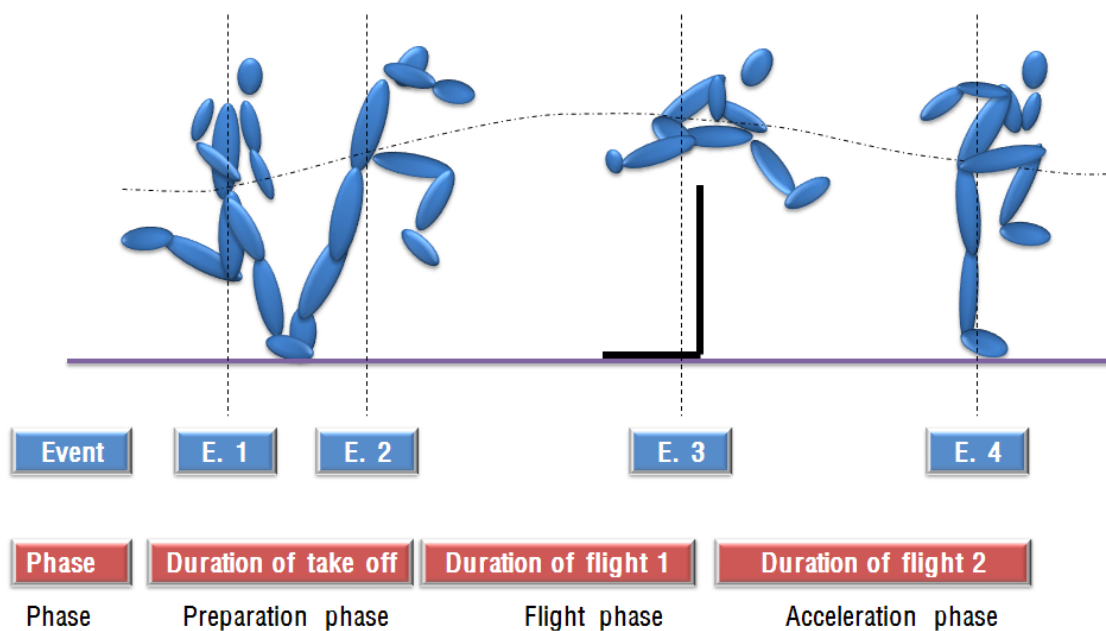


그림 3. 이벤트 및 국면설정

2) 국면설정(Phase)

① Duration of Take-Off(DTO) : 발 구름 발이 지면에 접지 후 이륙 할 때까지의 구간

② Duration of Flight 1(DF 1) : 이륙한 순간부터 허들을 넘는 동작 시 최고 정점높이까지의 구간

③ Duration of Flight 2(DF 2) : 허들을 넘는 동작 시 최고 정점높이부터 리드다리가 지면에 접지 할 때까지의 구간

6. 자료처리

본 연구에서 통제점과 인체중심의 좌표화를 위하여 Kwon 3D(ver 3.016, 권영후) 프로그램을 이용하여 디지털이징한 결과를 토대로 2차원 1쌍을 3차 스플라스인 함수로 0.014초 간격으로 보간하여 동조 시켰고, DLT(Abdel-Aziz & Krara, 1971)방식으로 3차원 좌표를 산출하였고 인위적인 오차와 기계적인 오차에 의해 발생한 노이즈로 인한 오차를 제거하기 위하여 Butterworth의 2차저역통과필터(low-pass filter)법을 이용하여 스무딩(6.0Hz)하였다.

디지털이징한 후 산출된 운동학적 변인은 거리에 따른 제1허들 넘기 동작을 비교하기 위해 표준화(normalization)하였다. 자료처리는 SPSS Ver.12.0 프로그램을 이용하여 집단내 기초통계량인 평균 및 표준편차를 산출한 후 제1허들 넘기 시 각 도약거리(0%, -7%, +7%)에 따른 기술적 차이를 규명하기 위해 일원분산분석(One-way Analysis of Variance/ANOVA)을 사용하였다. 이때 통계적 유의한 차이를 발견 시 사후검정(post-hoc: DUNCAN)을 시행하였고, 모든 유의 수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

IV. 연구결과

본 연구는 여자 100m 허들에서 도약거리에 따른 제1허들 넘기 동작을 비교분석하기 위하여 실시하였다. 거리측정은 대상자들의 현재 사용하고 있는 거리를 0%(190.00±8.66cm)기준으로 하여 신장비율의 -7%(178.00±8.74cm), +7%(202.00±8.57cm)로 나누었고, 각 거리별 3회 반복측정 후 발 구름 위치에 성공한 동작을 분석하였다.

분석한 변인들로는 허들링 동작의 각 국면별 평균 소요시간, 신체중심위치변화(X, Y, Z), 신체중심속도변화(Y), 하지분절의 각운동 변인을 중심으로 분석하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 각 국면별 시간변인

1) 제1허들 넘기 동작의 시간변인

여자 100m 허들에서 제1허들 넘기 동작 시 각 국면별 소요시간은 <표 4> 및 <그림 4>와 같다.

제1허들을 넘는 동안 소요시간은 모든 국면에서 통계적 유의한 차이는 없었지만 ($p>.05$), 발 구름 접지부터 발 구름 이지까지인 DTO 국면은 0%도약거리가 $0.11\pm 0.10\text{sec}$ 로 -7%의 $0.12\pm 0.02\text{sec}$, +7%의 $0.13\pm 0.01\text{sec}$ 와 비교하여 더 짧은 소요시간으로 발 구름 하는 것으로 나타났다. 발 구름 이후 최고정점 높이까지의 DF-1 국면은 0%, +7%도약거리는 $0.18\pm 0.02\text{sec}$ 로 나타났고, -7%거리는 0.18 ± 0.00 의 소요시간을 나타냈다.

또한 신체중심위치의 최고정점부터 허들을 넘은 후 원발 착지까지의 DF-2 국면은 0%, +7%도약거리는 각각 $0.19\pm 0.03\text{sec}$, $0.19\pm 0.01\text{sec}$ 로 나타나, -7%의 도약거리가 $0.18\pm 0.02\text{sec}$ 로 더 짧은 소요시간으로 나타났으며, 제1허들을 넘는 동안 총소요시간은 0%, -7% > +7% 순으로 나타났다.

표 4. 여자 100m 허들에서 제1허들 넘기 동작 시 시간변인의 기술통계량(단위: sec)

구분	도약거리(%)			df	F	P	Post-hoc
	0%	- 7%	+ 7%				
국면	0%	- 7%	+ 7%				
DTO	0.11±0.01	0.12±0.02	0.13±0.01	2	1.441	.308	-
DF-1	0.18±0.02	0.18±0.00	0.18±0.02	2	.002	.998	-
DF-2	0.19±0.03	0.18±0.02	0.19±0.01	2	.077	.926	-
Total	0.48±0.03	0.48±0.02	0.50±0.02	2	.598	.580	-

Note, Phase: Duration of Take-Off(DTO), Duration of Flight 1(DF 1), Duration of Flight 2(DF 2).

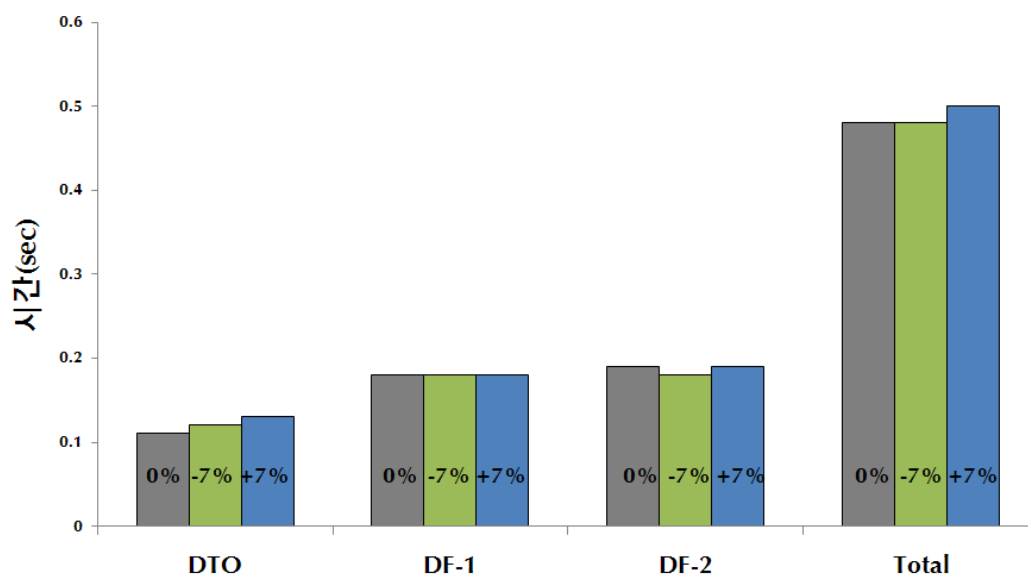


그림 4. 제1허들 넘기 동작 시 시간변인(sec)

2) 구간별 시간변인

스타트부터 제2허들을 넘기까지의 총소요시간은 <표 5>와 같다. 도약거리에 따른 제 2허들 넘기까지의 소요시간은 통계적 유의한 차이는 없었지만($F=.142, p>.05$), 0%도약 거리는 $3.83\pm 0.01\text{sec}$ 로 나타났고, -7%는 $3.85\pm 0.10\text{sec}$, +7%는 $3.87\pm 0.09\text{sec}$ 로 나타나, 0%의 도약거리가 -7%, +7% 도약거리와 비교하여 더 짧은 소요시간으로 나타났다.

표 5. 여자 100m 허들에서 제2허들 넘기까지 총 소요 시간의 기술통계량 (단위: sec)

구분	도약거리(%)			df	F	P	Post-hoc
	0%	- 7%	+ 7%				
2 hurdle	3.83 ± 0.01	3.85 ± 0.10	3.87 ± 0.09	2	.142	.869	-

2. 선운동 변인

여자 100m 허들에서 제1허들 넘기 동작 시 신체중심의 위치변화는 선수별 동작을 수행하는 좌우, 수직, 전후위치가 다르기 때문에, event 1에서 event 2까지의 변화량과 event 2에서 event 3까지의 변화량, event 3에서 event 4까지의 변화량을 분석하였다.

1) 각 국면별 신체중심위치의 좌우변화량(X)

제1허들 넘기 동작 시에 각 국면별 신체중심위치의 좌우변화량은 <표 6> 및 <그림 5>와 같다.

DTO 국면에서 신체중심위치의 좌우변화량은 통계적 유의한 차이는 없었지만 ($F=1.502$, $p>.05$), +7% 도약거리가 $-1.19\pm 1.15\text{cm}$ 로 나타나, 0% 도약거리의 $-5.77\pm 5.93\text{cm}$, -7% 도약거리의 $-1.59\pm 1.45\text{cm}$ 보다 좌우변화량을 적게 하여 도약하는 형태를 보였다.

이 후 DF-1 국면($F=.004$, $p>.05$)과 DF-2($F=.062$, $p>.05$) 국면에서도 도약거리에 따라 통계적 유의한 차이는 없었지만 특히 공중동작 정점부터 허들을 넘은 후 발구름 착지까지의 좌우변화량은 -7% 도약거리가 $0.96\pm 3.82\text{cm}$ 로 나타나, 0% 도약거리의 $1.82\pm 2.34\text{cm}$, +7% 도약거리의 $1.10\pm 3.34\text{cm}$ 보다 더 적은 좌우변화량을 나타냈다.

표 6. 여자 100m 허들에서 제1허들 넘기 동작 시 신체중심위치의 좌우변화량 (단위: cm)

구분	도약거리(%)			df	F	P	Post-hoc
	0%	- 7%	+ 7%				
DTO	-5.77 ± 5.93	-1.59 ± 1.45	-1.19 ± 1.15	2	1.502	.296	-
DF-1	6.28 ± 2.12	6.33 ± 1.52	6.21 ± 1.54	2	.004	.996	-
DF-2	1.82 ± 2.34	0.96 ± 3.82	1.10 ± 3.34	2	.062	.941	-

Note, Phase: Duration of Take-Off(DTO), Duration of Flight 1(DF 1), Duration of Flight 2(DF 2).

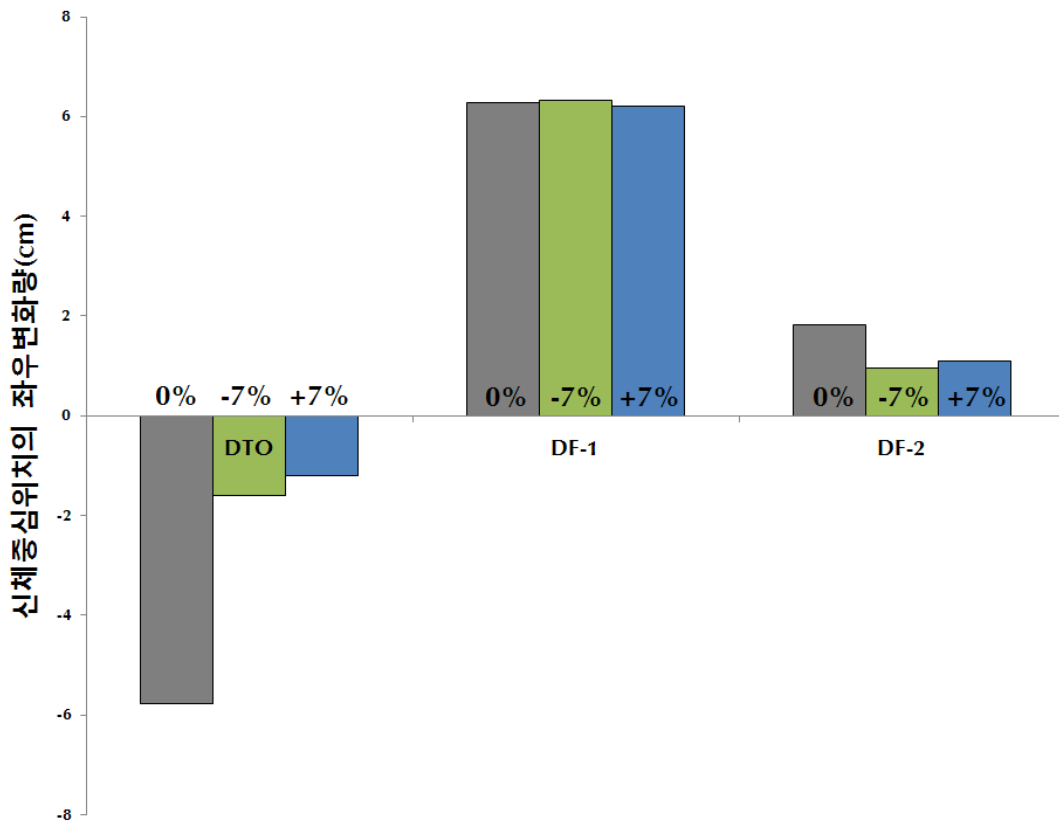


그림 5. 신체중심위치의 좌우변화량(cm)

2) 각 이벤트 별 신체중심위치의 수직변화(Z)

여자 100m 허들에서 제1허들 넘기 동작 시 각 이벤트별 신체중심위치의 수직변화는 <표 7> 및 <그림 6>과 같다.

RF-TD 동작 시 신체중심위치의 수직변화는 도약거리별 0%도약거리는 87.83±0.19cm, -7%도약거리는 87.83±0.95cm, +7%도약거리는 87.65±0.23cm로 통계적 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다(F=1.141, p>.05). RF-TO 동작은 0%도약거리가 102.67±3.67, +7%도약거리는 103.83±1.95cm로 나타나, -7%도약거리가 104.22±2.85cm로 더 높게 신체중심을 유지하는 형태를 보였다(F=.461, p>.05). 이후 HCM 동작 시 0%는 122.19±2.65cm, -7%는 122.65±1.29cm, +7%는 122.40±1.28cm로 유사한 위치를 나타냈고, LF-TD 동작은 -7%도약거리가 102.69±1.42cm 로 나타나, 0%도약거리의 101.48±1.66cm, +7%도약거리의 101.58±1.70cm 보다 더 신체중심을 높게 유지하여 착지하는 형태를 보였다.

표 7. 여자 100m 허들에서 제1허들 넘기 동작 시 신체중심위치의 수직변화 (단위: cm)

구분 Event	도약거리 (%)			df	F	P	Post-hoc
	0%	- 7%	+ 7%				
RF-TD	87.83±0.19	87.83±0.95	87.65±0.23	2	1.141	.346	-
RF-TO	102.67±3.67	104.22±2.85	103.83±1.95	2	.461	.639	-
HCM	122.19±2.65	122.65±1.29	122.40±1.28	2	.091	.913	-
LF-TD	101.48±1.66	102.69±1.41	101.58±1.70	2	1.074	.367	-

Note, Event: Right Foot - Touch Down(RF-TD), Right Foot - Take Off(RF-TO), High Center of Mass (HCM), Left Foot - Touch Down(LF-TD)

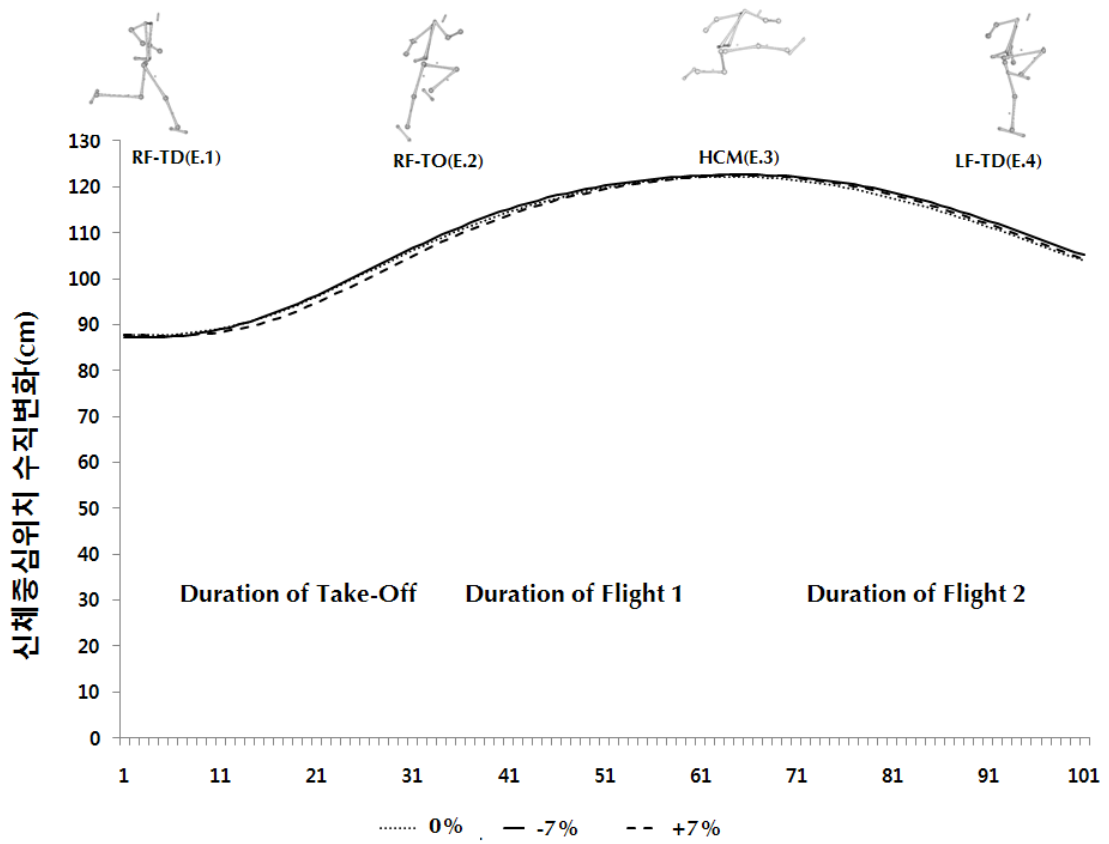


그림 6. 신체중심위치의 수직변화(cm)

3) 각 국면별 신체중심위치의 수직변화량(Z)

여자 100m 허들에서 제1허들 넘기 동작 시 각 국면별 신체중심위치의 수직변화량은 <표 8> 및 <그림 7>과 같다.

DTO 국면에서 신체중심위치의 수직변화량은 0%도약거리가 13.16±3.52cm로 -7%도약거리의 15.22±1.63cm와 +7%도약거리의 14.41±0.67cm와 비교하여 신체중심위치의 수직변화량이 적은 것으로 나타났지만 통계적 유의한 차이는 없었다($p>.05$). 반면 DF-1 국면에서는 0%도약거리가 21.36±0.56cm로 나타나 -7%도약거리의 20.30±1.98cm와 +7%도약거리의 20.36±1.82cm와 비교하여 신체중심위치의 수직변화량이 많은 것으로 나타났으며, DF-2 국면에서는 -7%도약거리가 -18.85±1.74cm로 나타나 0%도약거리의 -19.67±2.83cm와 +7%도약거리의 -19.59±1.62cm와 비교하여 신체중심위치의 수직변화량이 적은 것으로 나타났지만 통계적 유의한 차이는 나타나지 않았다($p>.05$).

표 8. 여자 100m 허들에서 제1허들 넘기 동작 시 신체중심위치의 수직변화량 (단위: cm)

구분	도약거리(%)			df	F	P	Post-hoc
	0%	- 7%	+ 7%				
DTO	13.16±3.52	15.22±1.63	14.41±0.67	2	.630	.565	-
DF-1	21.36±0.56	20.30±1.98	20.36±1.82	2	.422	.674	-
DF-2	-19.67±2.83	-18.85±1.74	-19.59±1.62	2	.062	.941	-

Note, Phase: Duration of Take-Off(DTO), Duration of Flight 1(DF 1), Duration of Flight 2(DF 2).

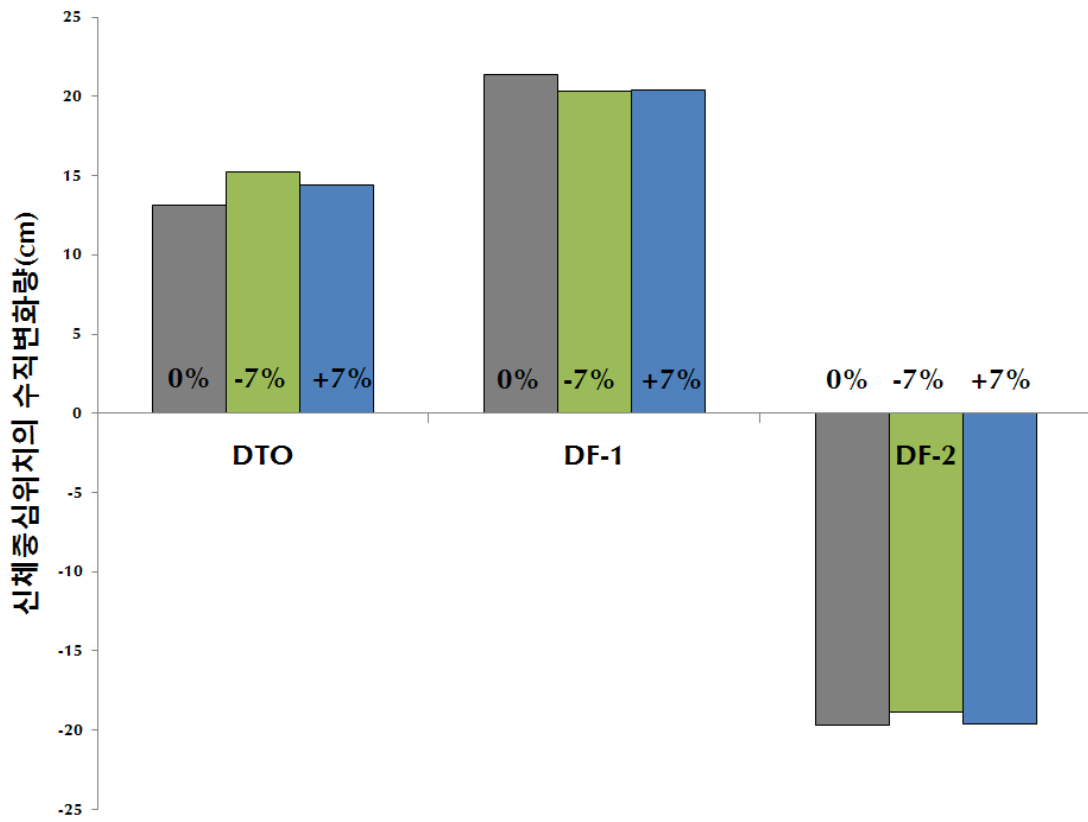


그림 7. 신체중심위치의 수직변화량(cm)

4) 각 국면별 신체중심위치의 전후변화량(Y)

여자 100m 허들에서 제1허들 넘기 동작 시 각 국면별 신체중심위치의 전후변화량은 <표 9> 및 <그림 8>과 같다.

DTO 국면에서 신체중심위치의 전후변화량은 +7%도약거리가 105.18±2.21cm로 -7%도약거리의 86.34±1.85cm, 0%도약거리의 90.86±14.96cm 보다 신체중심의 전방이동 거리가 더 길게 통계적 유의한 차이가 나타났다(F=5.004, p<.05).

이후 DF-1 국면은 0%도약거리가 126.01±5.90cm로 나타나, -7%도약거리의 119.52±3.72cm, +7%도약거리의 118.94±5.52cm 보다 전방이동거리가 더 길게 나타났으며, DF-2 국면에서도 0%도약거리가 127.09±6.57cm로 나타나, -7%도약거리의 123.00±3.73cm, +7%도약거리의 126.80±5.95cm보다 더 긴 전방이동 거리를 나타냈지만, 통계적 유의한 차이는 없었다(p>.05).

표 9. 여자 100m 허들에서 제1허들 넘기 동작 시 신체중심위치의 전후변화량 (단위: cm)

구분	도약거리(%)			df	F	P	Post-hoc
	0%	- 7%	+ 7%				
DTO	90.86±14.96	86.34±1.85	105.18±2.21	2	5.004	0.35	+7%>-7%,0%
DF-1	126.01±5.90	119.52±3.72	118.94±5.52	2	2.331	.153	-
DF-2	127.09±6.57	123.00±3.73	126.80±5.95	2	.677	.532	-

Note, Phase: Duration of Take-Off(DTO), Duration of Flight 1(DF 1), Duration of Flight 2(DF 2).

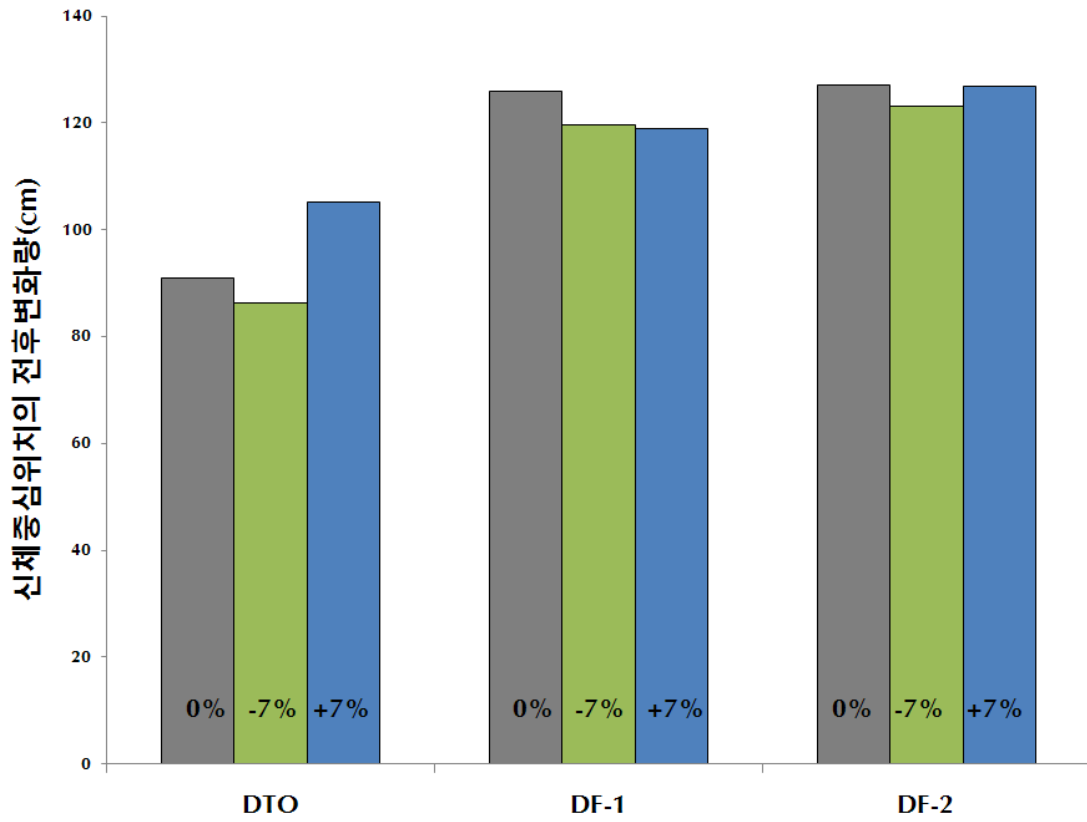


그림 8. 신체중심위치의 전후변화량(cm)

5) 각 이벤트별 신체중심속도의 전후변화(Y)

여자 100m 허들에서 제1허들 넘기 동작 시 각 이벤트별 신체중심속도의 전후변화는 <표 10> 및 <그림 9>와 같다.

신체중심속도의 전후변화는 스타트 이후 발 구름 접지 지점인 +7%도약거리가 1021.82±40.52cm/sec로 나타나, 0%도약거리의 902.88±106.80cm/sec, -7%도약거리의 881.85±16.16cm/sec보다 신체중심의 이동속도를 더 빠르게 하여 통계적 유의한 차이가 나타났고(F= 5.137, p<.05), 발 구름 이지 순간인 RF-TO 동작은 -7%도약거리가 653.04±29.20cm/sec로 나타나, 0%도약거리의 641.66±46.46cm/sec, +7%도약거리의 625.92±14.10cm/sec 보다 더 빠른 속도를 나타냈지만 통계적 유의한 차이는 없었다(F=.693, p>.05).

이후 신체중심높이가 최고정점인 HCM 동작 시 +7%도약거리가 676.83±16.68cm/sec, 0%도약거리가 678.23±14.05cm/sec로 나타나, -7% 도약거리의 670.14±17.82cm/sec 보다 신체중심속도가 더 빠르게 나타났고, 허들을 넘은 후 착지구간인 LF-TD 동작은 +7% 도약거리가 597.77±40.60cm/sec, 0%도약거리가 625.42±21.87cm/sec, -7%도약거리는 631.84±19.44cm/sec로 나타나, 0%, -7%도약거리가 허들 넘기까지의 신체중심속도를 더 빠르게 유지하는 형태를 보였지만 통계적 유의한 차이는 없었다(p>.05).

표 10. 여자 100m 허들에서 제1허들 넘기 동작 시 신체중심속도의 전후변화 (단위: cm/sec)

구분	도약거리(%)			df	F	P	Post-hoc
	Event	0%	- 7%				
RF-TD	902.88±106.80	881.85±16.16	1021.82±40.52	2	5.137	.032	+7%>-7%,0%
RF-TO	641.66±46.46	653.04±29.20	625.92±14.10	2	.693	.525	-
HCM	678.23±14.05	670.14±17.82	676.83±16.68	2	.283	.760	-
LF-TD	625.42±21.87	631.84±19.44	597.77±40.60	2	1.570	.260	-

Note, Event: Right Foot - Touch Down(RF-TD), Right Foot - Take Off(RF-TO), High Center of Mass (HCM), Left Foot - Touch Down(LF-TD)

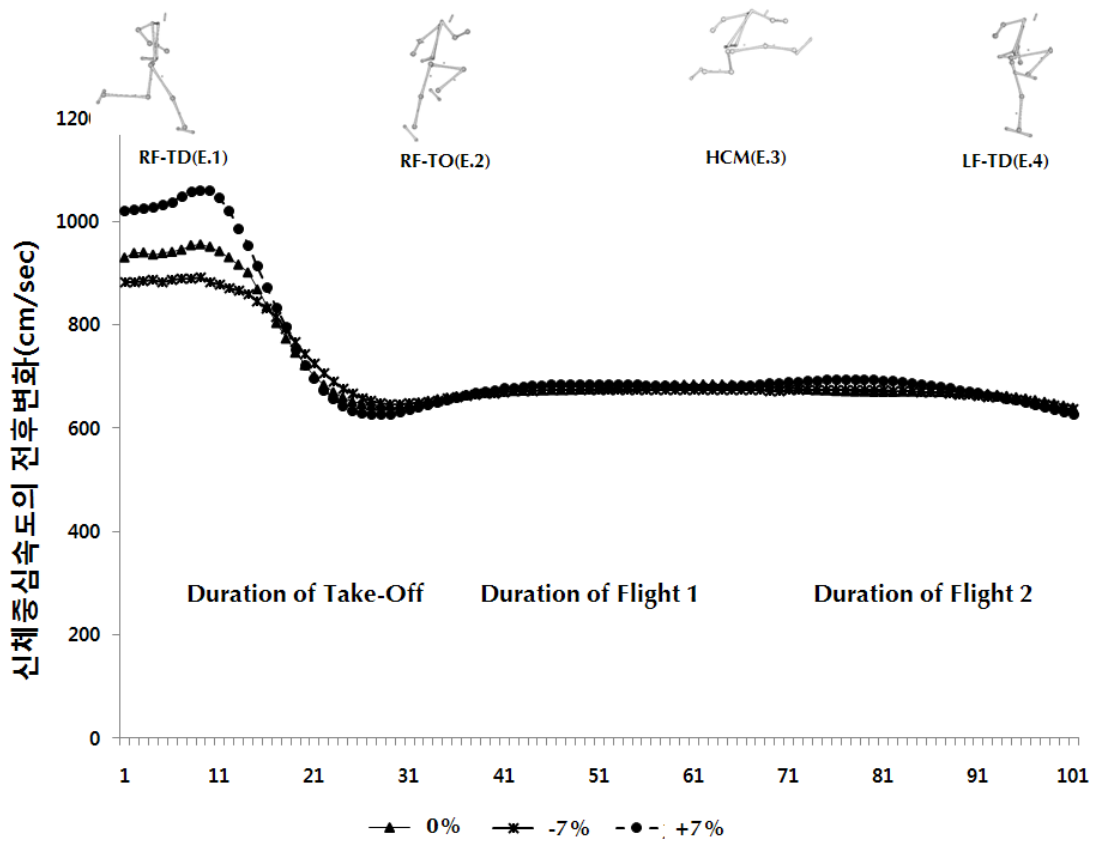


그림 9. 신체중심속도의 전후변화(cm/sec)

3. 각운동 변인

1) 각 이벤트별 오른쪽 힙 관절의 각 변인(deg)

여자 100m 허들에서 제1허들 넘기 동작 시 각 이벤트별 오른쪽 힙 관절의 각 변인은 <표 11> 및 <그림 10>과 같다.

RF-TD 동작 시 도약거리별 오른쪽 힙 관절의 각도변화는 0%도약거리가 138.65±7.14deg로 나타나, -7%도약거리의 144.90±6.72deg, +7%도약거리의 138.80±10.97deg와 비교하여 더 굴곡하여 발 구름 하는 자세를 보였고(p>.05), RF-TO 동작은 -7%도약거리가 166.19±1.63deg로 나타나, 0%도약거리의 171.02±1.37deg와 +7%도약거리의 171.19±2.70deg와 비교하여 발 구름 이지 시 힙 관절을 더 굴곡하는 통계적 유의한 차이를 보였다(F=12.277, p<.001).

HCM 동작은 -7%도약거리가 98.82±7.00deg로 나타나, 0%도약거리의 103.44±4.41deg, +7%도약거리의 108.97±9.21deg 보다 더 굴곡하여 허들링 하는 자세를 보였고, LF-TD 동작은 0%도약거리가 59.29±4.74deg로 나타나, -7%도약거리의 62.17±7.95deg, +7%도약거리의 63.86±8.42deg보다 더 굴곡하여 착지하는 형태를 보였고, 통계적 유의한 차이는 나타나지 않았다(p>.05).

표 11. 여자 100m 허들에서 제1허들 넘기 동작 시 오른쪽 힙 관절 각도변화 (단위: deg)

구분 Event	도약거리(%)			df	F	P	Post-hoc
	0%	- 7%	+ 7%				
RF-TD	138.65±7.14	144.90±6.72	138.80±10.97	2	1.053	.373	
RF-TO	171.02±1.37	166.19±1.63	171.19±2.70	2	12.277	.001	-7%<0%, +7%
HCM	103.44±4.41	98.82±7.00	108.97±9.21	2	3.033	.078	
LF-TD	59.29±4.74	62.17±7.95	63.86±8.42	2	.614	.554	

Note, Event: Right Foot - Touch Down(RF-TD), Right Foot - Take Off(RF-TO), High Center of Mass (HCM), Left Foot - Touch Down(LF-TD)

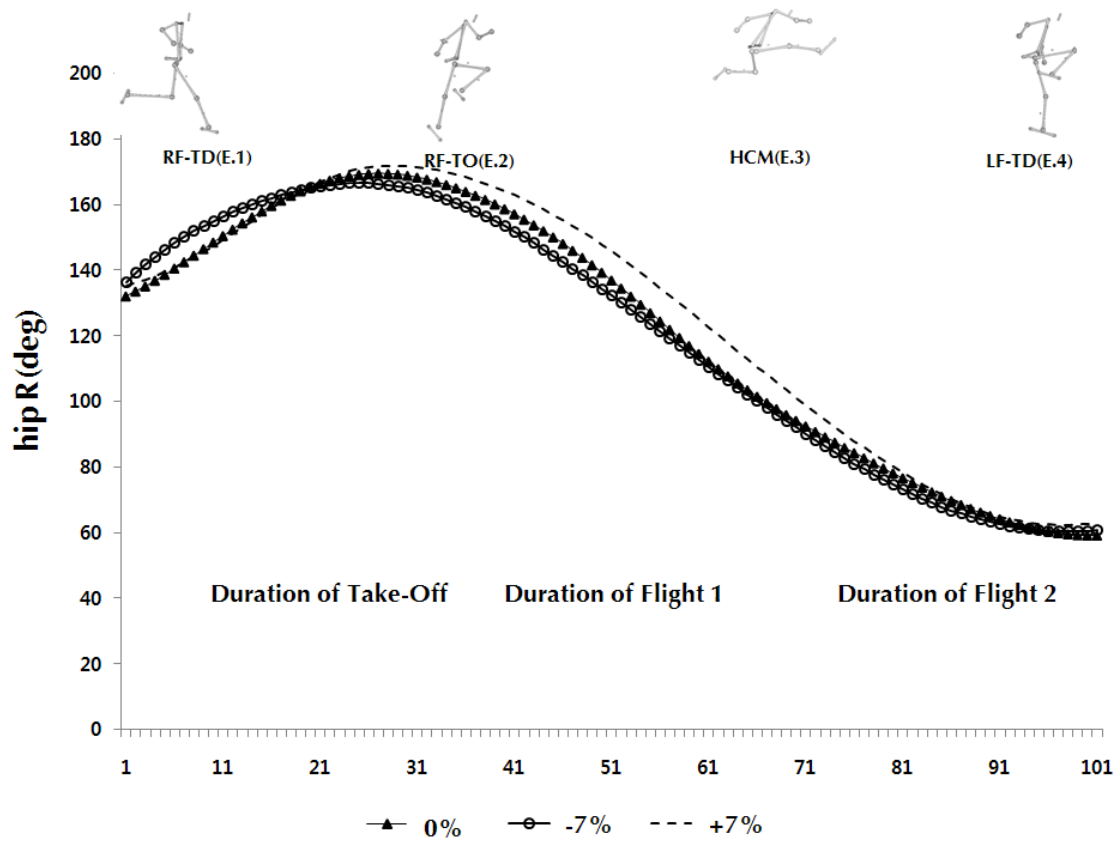


그림 10. 각 이벤트별 오른쪽 힙 관절의 각도변화(deg)

2) 각 이벤트별 오른쪽 무릎 관절의 각 변인(deg)

여자 100m 허들에서 제1허들 넘기 동작 시 각 이벤트별 오른쪽 무릎 관절의 각도 변화는 <표 12> 및 <그림 11>과 같다.

RF-TD 동작 시 오른쪽 무릎 관절의 각도 변화는 -7%도약거리가 155.18±3.41deg로 나타나, 0%도약거리의 152.93±4.21deg, +7%도약거리의 152.60±10.65deg 보다 더 무릎을 신전하여 발 구름 하는 형태를 보였고, RF-TO 동작은 -7%도약거리가 158.65±5.23deg로 나타나, 0%도약거리의 163.95±3.11deg, +7%도약거리의 163.61±5.40deg 보다 더 무릎을 굴곡하여 발 구름 하는 형태를 보였지만 통계적 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다(p>.05).

이후 HCM 동작은 +7%도약거리가 67.00±17.92deg로 나타나, 0%도약거리 70.49±14.61deg, -7%도약거리 70.04±14.99deg 보다 더 굴곡하여 허들링 하는 자세를 보였고, 착지 시의 LF-TD동작은 0%도약거리가 44.33±7.53deg로 나타나, +7%도약거리의 47.95±7.15deg, -7%도약거리의 49.80±12.48deg보다 더 굴곡하여 착지하는 형태가 나타났지만 통계적 유의한 차이는 없었다(p>.05).

표 12. 여자 100m 허들에서 제1허들 넘기 동작 시 오른쪽 무릎 관절의 각도변화 (단위: deg)

구분 Event	도약거리(%)			df	F	P	Post-hoc
	0%	- 7%	+ 7%				
RF-TD	152.93±4.21	155.18±3.41	152.60±10.65	2	.249	.783	-
RF-TO	163.95±3.11	158.65±5.23	163.61±5.40	2	2.393	.125	-
HCM	70.49±14.61	70.04±14.99	67.00±17.92	2	.086	.918	-
LF-TD	44.33±7.53	49.80±12.48	47.95±7.15	2	.530	.599	-

Note, Event: Right Foot - Touch Down(RF-TD), Right Foot - Take Off(RF-TO), High Center of Mass (HCM), Left Foot - Touch Down(LF-TD)

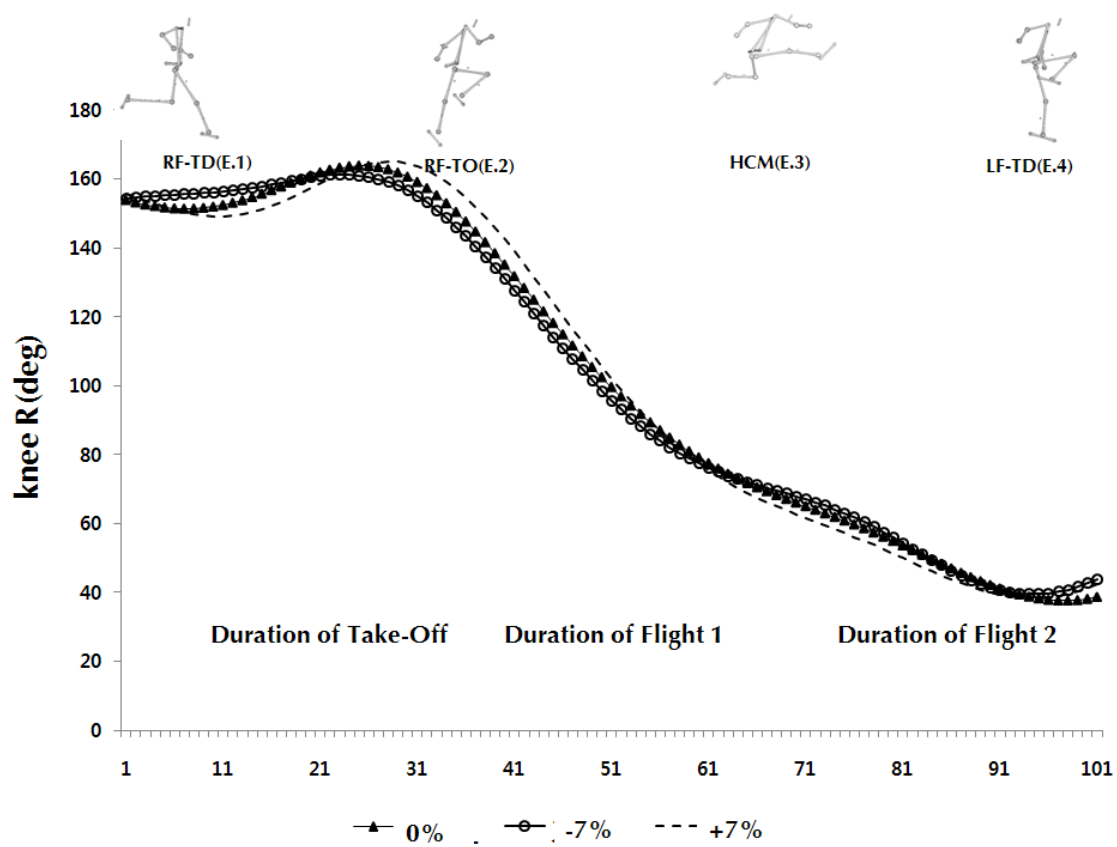


그림 11. 각 이벤트별 오른쪽 무릎 관절의 각도변화(deg)

3) 각 이벤트별 동체의 전후경각(deg)

여자 100m 허들에서 제1허들 넘기 동작 시 각 이벤트별 동체의 전후경각은 <표 13> 및 <그림 12>과 같다.

RF-TD 동작 시 동체의 전후경각은 0%도약거리가 $-5.73 \pm 6.90 \text{deg}$ 로 나타나, -7%도약거리의 $-1.70 \pm 3.59 \text{deg}$, +7%도약거리의 $-0.22 \pm 8.82 \text{deg}$ 보다 더 큰 후경각 자세를 보였고, RF-TO동작은 0%도약거리가 $16.80 \pm 2.57 \text{deg}$ 로 나타나, -7%도약거리의 $18.51 \pm 4.41 \text{deg}$, +7%도약거리의 $17.42 \pm 2.61 \text{deg}$ 보다 더 큰 전경각자세가 나타났고 통계적 유의한 차이는 없었다($p > .05$).

이후 HCM 동작 시 -7%도약거리는 $40.23 \pm 7.72 \text{deg}$ 로 나타나, 0%도약거리의 $37.47 \pm 7.80 \text{deg}$, +7%도약거리의 $37.92 \pm 7.70 \text{deg}$ 보다 더 큰 전경각 자세를 취하는 형태를 보였고, LF-TD동작은 +7%도약거리가 $15.02 \pm 7.09 \text{deg}$ 로 나타나, 0%도약거리의 $19.30 \pm 3.11 \text{deg}$, -7%도약거리의 $18.23 \pm 3.25 \text{deg}$ 보다 더 신전된 형태를 보였고 통계적 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다($p > .05$).

표 13. 여자 100m 허들에서 제1허들 넘기 동작 시 동체의 전후 경각 (단위: deg)

구분 Event	도약거리(%)			df	F	P	Post-hoc
	0%	- 7%	+ 7%				
RF-TD	-5.73 ± 6.90	-1.70 ± 3.59	-0.22 ± 8.82	2	.529	.614	-
RF-TO	16.80 ± 2.57	18.51 ± 4.41	17.42 ± 2.61	2	.206	.819	-
HCM	37.47 ± 7.80	40.23 ± 7.72	37.92 ± 7.70	2	.110	.898	-
LF-TD	19.30 ± 3.11	18.23 ± 3.25	15.02 ± 7.09	2	.632	.563	-

Note, Event: Right Foot - Touch Down(RF-TD), Right Foot - Take Off(RF-TO), High Center of Mass (HCM), Left Foot - Touch Down(LF-TD)

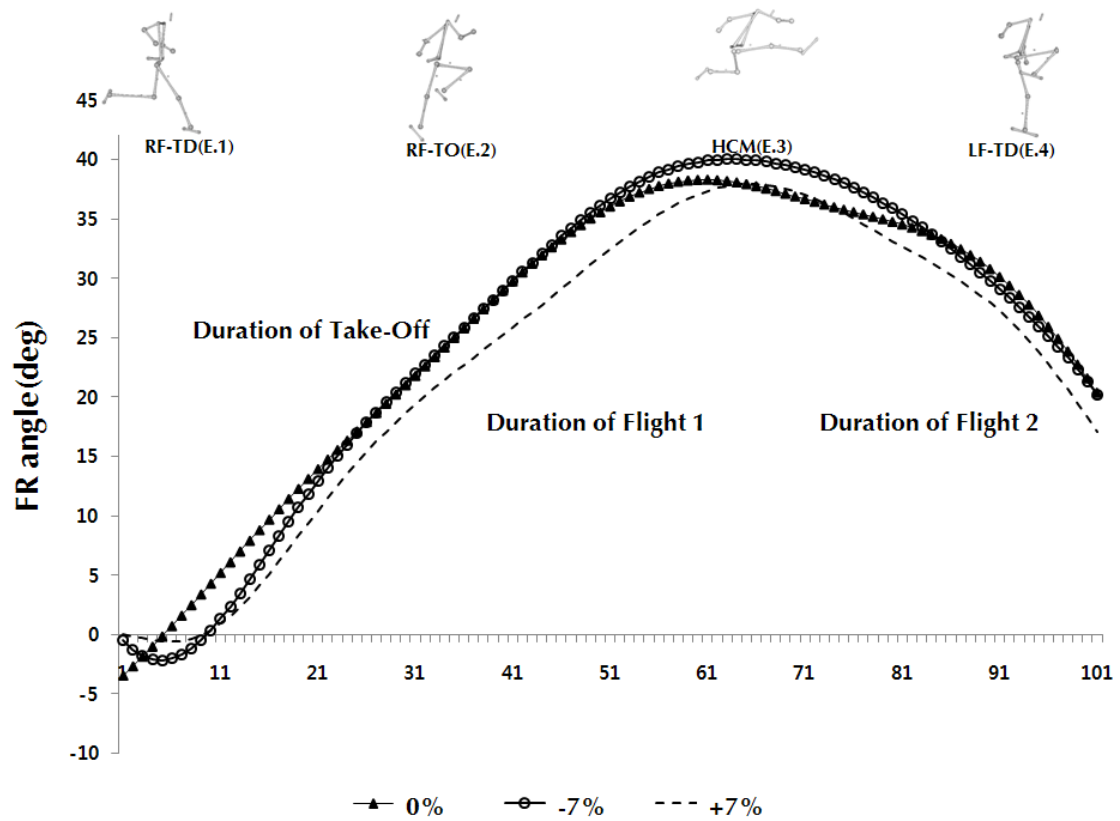


그림 12. 각 이벤트별 동체의 전후경각(deg)

VI. 논의

여자 100m 허들경기는 단거리의 100m와 같이 스타트에 의해 스피드를 가속시키고, 제1허들까지의 거리는 13m로 84cm의 높이를 넘어야 한다. 제1허들 이후 허들 간 거리는 8.5m 간격으로 설치되어 있어 최고의 스피드를 발휘하여 10대의 허들을 넘어야 하며, 스피드 발휘를 위한 허들기술이 필요하다(이정호 등, 2007). 또한 효율적인 발 구름 동작은 폭발적인 파워를 유지하면서 착지 시에는 중족착지형에 가까운 착지동작으로 충격력을 발전체로 흡수하는 동시에 빠른 지지시간을 유지해야 한다(윤양진, 김정태, 이중숙, 1998; Cavanagh & Lafortune 1980). 이에 본 연구에서는 스타트 이후 제1허들 넘기 시에 발 구름 거리에 따른 허들 넘기 동작을 분석하였다.

본 연구결과, 도약거리 간 제1허들 넘기 동작의 시간을 분석한 결과 통계적 유의한 차이는 없었지만 제1허들 넘기 동작 시에 0%, -7%도약거리가 $0.48\text{ces}\pm 0.03$ 로 +7%도약거리의 $0.50\pm 0.02\text{sec}$ 와 비교하여 짧은 소요시간을 나타냈다. 이러한 결과는 류재균 등(2011)의 허들 넘기 시 도약거리를 멀리서 이륙하는 동작은 신체무게중심의 비행궤적이 낮고 허들을 매우 효과적으로 넘을 수 있다고 한 선행연구와 상반되는 결과를 보였는데 이는 허들 간 스트라이드의 리듬과 스피드, 이륙순간의 파워를 발휘할 수 있는 수준 그리고 선수의 형태학적인 특성이 고려되어야 하는데(Coh et al., 1996), 0%는 선수들이 평소에 사용하는 거리이므로 익숙한 동작으로 수행할 수 있기 때문인 것으로 사료된다. 그러나 제2허들 넘기까지의 소요시간은 -7%가 0%보다 더 긴 소요시간을 나타냈는데 이는 허들을 효율적으로 넘기 위해서는 도약국면에서 점프하는 동작과는 다르게 신체중심의 수직높이를 수평으로 높이면서 전방으로 강하게 도약하는 것이 중요한데(이정호, 2012), -7%는 도약거리가 짧아져 점프하는 동작이 나타났기 때문인 것으로 사료된다. 특히 DTO 구간에서 0%일 때 $0.11\pm 0.01\text{sec}$ 로 나타나 류재균 등(2011)이 2010년 대구국제육상경기대회에서 세계 정상급 여자 허들 선수들을 분석한 결과가 $0.10\text{sec}-0.12\text{sec}$ 로 보고하고 있어 이와 유사한 결과를 보였는데, 이러한 이유는 접지 시와 이지 시에 빠른 이동과 긴 비행동작은 허들을 가능한 빠르게 넘기 위한 준비자세로 빠른 가속을 위한 효율적인 동작이라 보고하였고(이정호, 2004b), 허들을 넘는데 소요

되는 시간이 짧으면 짧을수록 허들을 넘는데 감속되는 속도를 최소화 할 수 있다고 하였다(류재균 등, 2011). 또한 제2허들 넘기까지의 총 소요 시간은 0%도약거리가 $3.83 \pm 0.01 \text{sec}$ 로 가장 빠르게 나타나 류재균 등(2007)의 연구에서 한국 신기록 보유자인 이연경 선수의 제2허들까지의 기록이 3.83sec로 보고하고 있어 선행연구와 일치하는 것으로 나타났다. 그러나 +7% 도약거리는 선수들이 느끼기에 상대적으로 먼 거리에서 도약하였기 때문에 느린 시간을 나타낸 것으로 사료되며 이에 각 대상자들의 경기력수준과 형태학적인 특성을 고려해볼 때 기준거리인 0%도약거리가 가장 효율적인 허들 넘기 동작을 수행할 수 있을 것으로 판단된다.

신체중심위치의 좌우변화는 안정적으로 허들을 넘기 위해서 Taylor(1992)와 Coh 등(1998)은 허들을 넘는 동안 상체는 전경자세를 유지하면서 가능한 빠르게 추진해야 하고 상체의 좌우이동 없이 최대한 전경자세를 유지하면서 가속해야 하는 것으로 보고하였는데, 본 연구에서는 각 국면별 신체중심위치의 좌우변화량은 통계적 유의한 차이는 나타나지 않았지만 발 구름 구간인 DTO 구간에서 도약거리가 길기 때문에 +7%일 때 $-1.19 \pm 1.15 \text{cm}$ 로 가장 적은 변화량으로 0%, -7%보다 안정적인 도약을 한 것으로 사료되지만 DF-1구간에서는 -7%일 때 가장 큰 변화량을 나타내 짧은 도약거리로 인하여 수평으로 안정적인 비행동작 보다는 좌우 움직임이 많아진 것으로 사료된다.

또한 신체중심위치의 수직변화는 각 이벤트별 통계적 유의한 차이는 나타나지 않았지만 발 구름 이지 동작인 RF-TO동작 시 102.67cm로 나타나 상대적으로 -7%, +7%도약거리와 비교하여 가장 낮게 발 구름 하는 형태를 보였다. 이는 류재균 등(2011)이 접지순간에서 이지 순간으로 전환될 때 신체무게중심의 높이 변화가 크면 신체무게중심의 도약각이 높게 되고 허들 넘기 전 신체무게중심의 높이가 높아져 신체무게중심이 허들을 높게 비행하게 된다고 하였다. 이에 효율적인 허들동작을 발휘하기 위해서 신체중심의 포물선을 허들 위에서 낮게 유지하는 것이 바람직하다고 보고하였고(강상학, 임충희, 2002), 허들 넘기 기술에서 가장 중요한 것은 허들 넘기를 하는 동안 질주 스피드를 잃지 않아야 하며, 이러한 기전은 허들링 동작에서 신체 중심의 상하 이동 폭을 최소화해야 한다고 보고한 바(스포츠과학연구소, 1987), 특히 0%도약거리가 발 구름 시에 비행높이를 낮게 유지하고 발 구름 하는 형태를 보여 이상적인 허들의 도약거리 범위 내에 들어오는 것으로 판단된다. 그러나 HCM 동작 이 후 착지 순간인 LF-TD 동작 시에 0%일 때 가장 낮게 나타났는데 착지 시 신체중심이 낮아지는 것은 착지하는

발이 지면에 닿는 면적이 많다는 것을 의미하고 높다는 것은 지나치게 착지하는 발의 앞부분으로 지면에 착지한다고 할 수 있어(류재균 등, 2007), 수평속도의 손실을 줄이고 질주 스피드 연결을 위해 착지 시의 신체중심위치의 수직변화를 적게 하기 위해 착지하는 발의 앞부분으로 착지 하여 높이를 유지하도록 해야 할 것이다. 또한 수직변화량도 각 국면별 통계적 유의한 차이는 나타나지 않았지만 이륙구간인 DTO 구간에서 -7%가 가장 많은 변화를 나타내 도약거리가 짧기 때문에 접지에서 이지로 전환될 때 수직높이를 수평으로 도약한 것이 아니라 점프하는 동작으로 이루어진 것으로 사료된다.

신체중심위치의 전후변화량은 -7%도약거리가 DTO 국면에서 가장 적은 전방이동거리를 보여 통계적 유의한 차이가 나타났고, DF-1 국면과 DF-2 국면에서는 0%도약거리가 -7%, +7%도약거리와 비교하여 가장 길게 이동하는 형태를 보였다. 이러한 이유는 -7%도약거리는 허들과의 거리가 짧아져 이동거리 또한 짧아지는 것으로 보여지며, 특히 류재균(2007), Coh 등(1998)은 신체중심의 이동하는 거리가 길다는 것은 상체와 차는 다리를 추진력 있고 공격적으로 허들을 향해 밀어붙이는 동작을 수행하는 것이라고 하였고 이러한 동작은 허들을 향해 이륙한 후 신체중심의 속도를 증가시키는 최적의 조건이라고 하였다. Muller(1990)도 도약 순간 발끝에서 허들까지의 도약거리와 허들에서 착지 순간 발끝까지의 착지거리 비율이 6:4가 가장 이상적인 비행거리라고 하여 도약은 길게 하고 착지는 짧게 하는 것이 효율적이라고 보고있어 +7%도약거리인 경우에 허들과의 거리가 증가하여 신체중심을 빠르게 이동시키기 위해 신체중심위치가 발 구름 시 0%도약거리와 비교하여 상대적으로 전방으로 이동되어 강하게 도약하기 위한 기전으로 판단된다. 반면 -7%에서는 $86.34 \pm 1.85\text{cm}$ 로 +7%보다 18.84cm 적은 변화량을 보여서 도약거리가 짧으므로 강한 도약으로 추진력 있게 동작을 수행하지 못하여 효율적인 허들 넘기 동작을 위한 준비구간이 잘 이루어지지 않은 것으로 사료된다.

도약거리에 따른 신체중심속도의 전후변화는 스타트 이후 발 구름 접지 동작인 RF-TD 동작 시 +7%가 $1021.82 \pm 40.52\text{cm/sec}$ 로 가장 빠르게 수행하는 것으로 나타나 통계적 유의한 차이가 나타났는데, 이는 -7%의 $881.85 \pm 16.16\text{cm/sec}$ 보다 139.15cm/sec 빠르며 0%보다는 118.94cm/sec 빠른 것으로 나타났다. Salo 등(1997)은 도약순간의 수평속도 역시 경기력과 밀접한 관계가 있는 것으로 보고하고 있어, +7%도약거리 일 때 발 구름 동작이 빠르게 나타나 다른 도약거리와 차이를 보였지만, 발 구름 이후 착지

동작인 LF-TD 동작에서는 +7%가 상대적으로 느린 결과를 보였는데, 이러한 이유는 거리가 길어지는 만큼 수평거리 또한 증가하게 되어 발 구름 시의 수평속도를 유지하지 못한 결과로 사료된다. 또한 도약준비단계에서 수평속도의 감속을 최소화 하고 허들을 넘는 비행시간을 단축시키기 위해서는 속도를 가속시키는 것보다 유지하는 것이 더 중요한 요소로 보고하고 있어(Coh et al., 1998), +7%도약거리가 특히 발 구름 이후 급격한 제동에 많은 영향을 주는 것으로 판단된다.

따라서 본 연구결과, 선수들의 기준점인 0%도약거리가 신체중심위치의 최고정점인 HCM 동작 시 속도를 가장 빠르게 유지하여 착지까지 속도를 유지하는 형태를 보여 착지하는 순간 감속된 신체중심의 수평속도를 회복하기 위해서 체공시간을 짧게 함으로서 후속동작에서 추진력을 얻을 수 있어(MacDonald et al., 1991) 가장 효율적인 거리인 것으로 판단된다.

류재균과, 여홍철, 장재관(2007)은 허들의 경기력향상을 위해 상체와 리드 다리를 추진력 있게 수행하고 허들을 넘은 후 착지 시에 고관절각을 굴곡하지 않고 신전시켜야 한다고 보고하고 있다. 이에 본 연구는 하지관절에서 허프, 무릎, 동체의 전후경각을 분석하였다.

본 연구에서는 대상자 모두 우측다리가 도약하는 다리이며 이 후 허들링까지 이어지는 trail leg이다. 도약거리에 따른 오른쪽 힙 관절의 각도 변화는 발 구름 접지 후 이지 동작인 RF-TO 동작 시 0%, +7% 거리가 -7%거리에 비해 더 신전하여 발 구름 하는 형태를 보였다. 이는 0%와 7%일 때는 이지 순간에 강하게 지면을 밀어서 힙 각도가 커지면서 수평으로 허들을 도약할 수 있지만 -7%일 때는 도약 거리가 짧으므로 힙 각도가 작아져 수평보다는 점프 형태로 도약이 이루어지게 되는 것으로 판단되며, 임충희, 강상학(2002) 가 분석한 Approach, Dip, Landing 시에 각각 171.66deg, 108deg, 60deg 와 비교해 볼 때 허들을 가까이에서 수행하는 동작과 비교하여 0% 거리 이상 멀리서 수행했을 때 유사한 결과를 보였다. 특히 착지 순간인 LF-TD 동작 시 0%도약거리일 때 힙 각도가 작게 나타났는데 이는 다음 질주 동작으로 빠르게 연결하기 위하여 무릎을 몸 쪽으로 끌어당기는 자세를 하기 때문인 것으로 사료되며, Nickson(1984)의 연구에 의하면 무릎을 높게 위치시키면 수직상승력이 적게 생성된다고 하였다. 즉, 무릎의 위치가 높아져 힙 각도가 작아지는 자세가 이루어진 것으로 사료된다. 또한 허들 넘기 시에 하지의 움직임은 회전운동 시 운동 상태를 변화시키지 않으려는 저항인

관성모멘트로 설명될 수 있는데 고관절의 회전축으로부터 어떻게 분포되어 있는가를 나타내는 척도로 회전축으로부터 멀리 분포될수록 관성모멘트는 커진다(정철수, 신인식, 2005). 즉, 접지와 이지 순간에 지면을 강하게 밀어주며 힙 각도를 크게 하여 수평으로 도약 할 수 있도록 해야 할 것이며 착지 시에는 관성모멘트를 작게 하여 저항을 줄여서 질주 동작을 빠르게 연결할 수 있도록 해야 할 것으로 사료된다.

오른쪽 무릎 관절의 각도 변화에서 통계적 유의한 차이는 나타나지 않았지만, 이지 순간인 RF-TO 동작에서 -7%가 가장 작게 나타났는데 이는 힙 각도와 마찬가지로 0%와 +7%는 강한 킥으로 무릎을 신전하여 수평으로 도약하였고 -7%는 도약거리가 짧아 수평보다는 점프 형태로 도약이 이루어진 것으로 사료되며 특히 이지 시에 무릎 각이 크다는 것은 발 구름과 착지의 마지막 동작으로 지면을 강하게 킥하였기 때문이라고 할 수 있으며, 수평방향으로 빠르게 이동시키기 위함이다(Nickson, 1984). 또한 착지 동작인 LF-TD 동작 시 0%도약거리 일 때 무릎 각도가 작은 것으로 나타나 관성모멘트를 작게 하고 신체중심이동을 수평으로 유지하여 질주 동작으로 빠르게 연결시키기 위한 것으로 사료된다. Mann, Herman, Johnson, Schultz와 Kotmel(1983)은 허들을 넘어 착지할 때, 지면 착지에 따른 충격으로 수평 속도가 감소되기 때문에 이를 최소화시키기 위해서는 무릎이 굴곡 되어야 하며, 이는 허들 선수가 다음 장애물로의 추진을 용이하게 한다고 하였다. 그러나 HCM 동작 시에는 +7%도약거리가 일 때 가장 작은 각도로 나타나 이지 시 강한 도약 동작으로 신전을 크게 한 후에 바로 허들링 자세를 취하여 상대적으로 무릎 각이 작게 나타난 것으로 사료된다. Hall(1993)은 뒷다리의 경우, 발보다 무릎을 약간 높여 견고한 'tuck' 자세를 유지해야 한다고 하였다. 0%도약거리에서 강한 도약 후 허들링을 하는 과정에서 HCM 동작 시 무릎의 굴곡을 작게 하여 관성모멘트가 작아진다면 더 효율적인 허들링이 이루어질 것으로 사료된다.

동체의 전후경각은 허들 넘기 시에 수직축을 기준으로 상체가 전방으로 숙여지는 누적각도를 말한다. 본 연구결과 통계적 유의한 차이는 없었지만 최고정점 높이인 HCM 동작 시에 0%도약거리에서 상대적인 전경각 자세를 보였고 착지 시에는 상체를 더 신전하여 착지하는 형태를 보였다. 선행연구들에서 허들 넘기 시에 상체의 전방기울기가 커야하고 허들을 넘은 이후 최대값을 보인다고 하였고, 기록우수자들은 허들을 넘자마자 상체를 세운 상태로 착지하고 있어 신체 중심과 발 중심과의 수평거리를 줄이기 위한 의도적 행동이라고 하였으며(임규찬, 1995; 최점동, 2006), 이정호(2008)의 연구에

서도 비 우수선수는 준비구간과 가속구간에서 상체전경각도는 작고 비행구간에서 상체 전경각도가 큰 것으로 나타나 효율적인 허들링 동작을 위해 상체의 일정한 전경자세의 필요성을 강조하였다. Walker(1991)도 체공 시에 상체를 앞으로 숙이는 것을 좋은 자세로 보고하고 있어 본 연구결과 0%도약거리에서 최고 높이인 HCM 동작에서 최대 상체 기울기를 유지하는 것으로 효율적인 허들 넘기 동작으로 사료된다.

V. 결론

본 연구는 여자 100m 허들선수 중 국가대표 경험이 있는 실업선수 2명과 꿈나무 대표선수 경험이 있는 대학선수 1명을 대상으로 제1허들 넘기 시 도약거리(0%, -7%, +7%)에 따른 허들 넘는 기술의 특성을 분석하여 여자 허들 선수들의 경기력 향상을 위한 정량적 자료와 기술적 개선방향을 제시하기 위하여 수행하였다. 분석결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 제1허들 넘기의 총소요시간은 도약거리 간 통계적 유의한 차이는 없었지만 ($p>.05$), -7%도약거리가 소요시간을 가장 짧게 하는 것으로 나타났고, 제2허들까지의 소요시간은 0%도약거리가 소요시간을 더 짧게 하는 것으로 나타났다.

둘째, 신체중심위치의 좌우변화량은 도약거리 간 통계적 유의한 차이는 없었지만 ($p>.05$), +7%도약거리가 DTO, DF-1 국면에서 가장 적은 좌우움직임을 나타냈고, 신체중심위치의 수직변화는 -7%도약거리가 RF-TO 동작 시 가장 높게 발 구름 하는 형태를 보였다.

셋째, 신체중심위치의 수직변화량은 DTO 국면에서 -7%도약거리가 더 증가하는 형태를 보였고, 전후변화량은 +7%도약거리가 DTO 국면에서 신체중심의 전방이동거리가 가장 길게 통계적 유의한 차이가 나타났다($p<.05$). 신체중심속도의 변화는 RF-TD 동작에서 +7%도약거리가 가장 빠르게 나타났고($p<.05$), 이후 HCM 동작은 0%도약거리가 더 빠른 것으로 나타났다.

넷째, 오른쪽 힌관절의 각도변화는 RF-TO 동작 시 0%, +7%도약거리가 -7%도약거리보다 더 신전된 형태를 보였고, 이후 LF-TD 동작 시 더 굴곡된 형태를 보였다. 오른쪽 무릎의 각도변화는 발 구름 이지 RF-TO 동작 시 0%, +7%도약거리가 -7%도약거리보다 더 신전하여 동작을 수행하였고, LF-TD 동작은 0%가 가장 굴곡된 자세를

나타냈다.

다섯째, 동체의 전후경각은 0%도약거리가 발 구름 이지 RF-TO 동작 시 가장 전경각 자세를 유지하였고, 착지 LF-TD 동작 시에는 0%도약거리가 가장 신전된 자세로 착지하는 형태를 보였다.

종합해 볼 때 신장비율의 0%도약거리는 111%, -7%도약거리는 104%, +7%도약거리는 118%이다. 따라서 +7%는 도약거리가 증가하여 발 구름 시 신체중심속도는 가장 빠른 것으로 나타났지만, 이 후 제2허들까지의 소요시간은 0%가 가장 짧은 것으로 나타났다. 또한 대상자들이 일반적으로 사용하는 기준 거리인 0%가 짧은 거리인 -7%와 +7%와 비교하여 발 구름 시 우측 고관절이 신전되어 강한 도약이 이루어졌고 착지 시 동체를 신전하여 신체중심을 높게 유지하고 무릎관절을 굴곡하는 것으로 나타나 효율적인 허들 넘기 동작을 할 수 있는 거리로 판단된다.

대상자들은 고관절과 무릎굴곡 등 질량관성모멘트를 적게 유지하고 허들링 시 속도가 감속하지 않도록 하며 효율적인 비행거리의 비율을 위한 운동프로그램 적용이 필요하며, 또한 허들동작 시 유용한 동작메커니즘 변인과 상해예방 등 유용한 정보를 얻을 수 있는 모델링 및 알고리즘 개발이 요구된다.

IV. 제언

본 연구는 여자 100m 허들 경기에서 제1허들 넘기 동작 시 도약거리와 경기력 수준에 따른 운동학적 변인을 분석한 것으로 연구를 수행하는 과정에서 부족한 부분은 다음과 같은 분야의 후속 연구를 기대하면서 연구결과를 토대로 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

1. 본 연구에서는 제2허들 넘기 까지 촬영과 제1허들 넘기 동작만을 분석하였지만, 100m 허들경기는 허들링과 질주동작의 연결이 중요하다고 판단되어 도약거리에 따른 전 구간의 동작 분석이 필요하다.

2. 본 연구에서는 신장에 따른 도약거리를 적용하여 동작을 분석하였지만, 하지장과 체중 등의 체격 요인에 따라서도 경기력에 영향을 미칠 수 있다고 판단되어, 효율적인 허들링 기술을 습득하기 위해서는 과학적인 측정과 체계적인 훈련 방법의 모델링을 제시 할 수 있는 연구가 필요하다.

3. 발 구름과 착지 시 도약거리에 따른 지면과의 충격량과 충격력 분석을 위해서 GRF(Ground Reaction Force)를 이용한 운동역학적 분석 연구가 필요하다.

참고문헌

- 강상학(2005). 허들경기에서 팔·다리의 동작패턴 분석. **한국체육학회지**, 44(5), 539-548.
- 강상학, 임충희(2002). 110m 허들경기의 동작분석(I) : 선운동. **한국체육학회지**, 41(4), 557-568.
- 김순옥(1995). **100m 허들경기 출발 동작의 운동학적 분석**. 충남대학교 미간행 석사학위논문.
- 김의환, 김종인(1992). 110M 허들선수의 기록단축을 위한 구간기록과 출발 자세의 기능학적 분석. **스포츠과학연구소 연구보고**, 593-687.
- 김종인(1992). **100m 허들경기의 허들링 동작 분석**. 1급 경기지도자 논문, 한국체육과학연구원.
- 김종인(2002). **육상경기 허들의 이론과 실제**. 공주대학교 출판부, 보혜사.
- 김종인(2009). **육상경기 허들의 훈련 지도서**. 공주대학교 출판부, 보혜사.
- 류재균(2007). Brigita Bukovec과 이연경 여자 100m 허들선수의 생체역학적 모델 비교. **한국사회체육학회지**, 30, 493-506.
- 류재균, 이정호, 김혜영(2006). 110m 허들 선수들의 4-5허들 인터벌구간의 세 스트라이드 동작에 대한 운동학적 분석. **한국체육학회지**, 45(5), 465-472.
- 류재균, 장재관(2011). 세계 정상급 여자 허들 선수들이 사용하는 허들 넘는 기술의 운동학적 분석. **한국운동역학회지**, 21(2), 131-140.
- 류재균, 장재관, 여홍철, 임정우(2007). 엘리트 여자 100m 허들선수들의 운동학적 변인 비교. **한국운동역학회지**, 17(4), 149-156.
- 모명희(2003). 우수 허들선수의 동작분석에 관한 연구. **한국학교체육학회지**, 13(2), 149-156.
- 손민자(1999). **110m 허들경기의 제1허들링 동작에 대한 운동학적 분석**. 전북대학교 석사학위논문.
- 스포츠과학연구소(1987). **육상 경기 훈련 지도서**, 203-249.
- 윤양진, 김정태, 이중숙(1998). High Hurdle의 구간속도와 지면반력 분석. **한국체육학회지**, 37(4), 456-472.
- 윤태근(1999). **110m 허들링 운동학적 분석 : 제1허들을 중심으로**. 미간행 석사학위논문. 성균관대학교 대학원.
- 이정호(2004a). 110M 허들선수의 신체적 특성이 허들기록에 미치는 영향. **한국스포츠리서치**, 15(5), 2663-2672.
- 이정호(2004b). 남자 국가대표 110m 허들선수의 동작에 관한 운동학적 분석. **한국운동역학회지**, 14(1),

83-98.

이정호(2007). 엘리트 여자 100m 허들선수의 4허들과 5허들에 관한 허들동작의 운동학적 분석. **체육과학 연구**, 18(3), 166-175.

이정호(2008). **110M 허들의 운동역학적 분석**. 미간행 박사학위 논문. 경희대학교 대학원.

이정호, 류재균(2007). 엘리트 여자 100m 허들선수의 스타트에서 피니쉬까지 구간별 수평속도 및 기록에 관한 운동학적 분석. **한국운동역학회지**, 17(3), 31-39.

이정호, 박영진, 류재균, 김종인(2008). 엘리트 110m 허들선수의 세 번째 허들링 동작에 관한 운동학적 분석. **한국운동역학회지**, 18(4), 31-39.

이중숙, 박종진, 배영상, 채원식, 류재균, 박승범(2010). 2011 대구세계육상선수권대회 운동역학 프로젝트 수행 방안. **한국운동역학회지**, 20(3), 253-259.

임규찬(1995). **110m 허들의 구간별 동작분석**. 서울대학교, 미간행 박사학위논문.

임충희, 강상학(2002). 110m 허들 경기의 동작분석(II):각운동. **한국체육학회지**, 41(4), 569-580

정철수, 신인석(2005). **운동역학총론**. 대한미디어. 78-79.

최점동(2006). **110m 허들링 동작의 운동역학적 분석**. 전북대학교, 미간행 박사학위논문.

Abdel-Aziz, Y. I., & Karara, H. M. (1971). *Direct liner transformation from comparator into object space coordinates inclose-range photogrammetry*. Proceeding of the Symposium on close-range Photogrammetry(1-18). Falls church, VA: American society of photogrammetry.

Cavanagh, P. R., Lafortune M. A. (1980). Ground Reaction Forces in Distance Running, *Journal of Biomechanics*, 13, 397-406.

Clarke, H. (1976). Application of measurement to health an Physical education, *New Jersey*; prentice-Hall Inc. ed. 3rd.

Coh, M. (2003). Biomechanical analysis of Colin Jackson's hurdle clearance technique. *NSA IAAF*, 18(1), 37-45.

Coh, M., & Dolenc, A. (1996). Three-dimensional kinematic analysis of the hurdles technique used by Brigita Bukoved. *NSA IAAF*, 11(1), 63-69.

Coh, M., Kastilic, J., & Pintaric, S. (1998). A Biomechanical model of the 100m-hurdles of Brigita Bukovec. *USA Track and Field. Winter*, 142, 4521-4529.

Cooper, J., Lavery, J., & Perrin, W. (1970). Track and field for the coach and athlete. *Entlewood Cliffs, NJ*: Prentie-Hall.

- Dapena, J. (1991). Hurdle clearance technique. *Track & Field Quart. Rev.* 116(3), 710-712.
- Doherty, K. (1987). Track & Field Omnibook. Tafnews Press, *Book Division of track & field news, Inc.* 466-484.
- Goss, M. (1991). Horizontal velocity is hurdling. *Track & Field*, 191(1). 29-33.
- Hall, B. (1993). Beginnings in hurdling. *Athletics coach*, 27(2), 31-33.
- Hucklekemkes, J. (1990). NSA photo sequences 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.(2005). KWON3D. Motion Analysis Package Ver 3.1.
- La Fortune, M. A. (1988). Biomechanical analysis of 110m hurdles. *Track and Field News*. 105, 3355-3365.
- Mann, R. V., Herman, J., Johnson, B., Schultz, C., Kotmel, J. (1983). The elite athlete project: Sprints and hurdles. USOC Technical Reports 1-11, USOC Training Center, Colorado Springs, CO.
- Mann, R., & Herman, J. (1985). Kinematic analysis of Olympic hurdle performance: Women's 100Meters. *International Journal of Sport Biomechanics*. 1, 163-173.
- McDonald, C., & Dapena, J. (1991). Linear kinematics of the men's 110m and women's 100m hurdles races. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23(12), 1382-1391.
- Muller, H. (1990). Current trends in the sprint hurdle events. *NSA IAAF*. 4, 6-11.
- Myers, L. (1986). A logical approach to improve hurdling technique. *Track & Field*, 84(2), 32-33.
- Nickson, T. R. (1984). A logical approach improve hurdling technique. *Track & Field*, 84(2), 32-33.
- Plagenhoef, S. C., Evans, F. G., & Abdelnour, T. (1983). Anatomical data for analyzing human motion. *Research quarterly for Exercise and Sport*, 54(2), 169-178.
- Rallins. M. (1986). The hurdles. *Track & Field Q. R.* 86(4), 14.
- 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.
- Schnier, B. (1986). Hurdling. *Track & Field*, 86(4), 15-16.
- Sipes, M. (1976). Hurdling mechanics for the female athlete. *Track Technique*. 65, 2071-2072.

- Taylor, T. (1992). Hurdles Lead-Leg Snap-down. *USA Track and Field. Summer. 120*, 3822-3843.
- Walker, J. (1991). Hurdling. *Track & Field. 91(1)*, 27-28.
- Willimczic, K. (1989). Biomechanic der Sportarten. *Hamburg*.

<Abstract>

The Kinematic Comparison Analysis of The First hurdle
Clearance Skill According to Distance of Take-off in 100m
hurdle of Women's

Hwang, Yun - mi

Physical Education Major

Graduate school of Education, jeju National University

Jeju, Korea

(Supervised by professor Ryew, Che-Cheong)

This purpose of this study was to analyze the first hurdle skill according to distances of take-off(0%, -7%, +7%) in 100m hurdle of women's. To accomplish the purpose of the study, the subjects were consisted of total 3 athletes of semipro(national representative career, n=2) and of university(junior national representative career, n=1).

Analyzed kinematic variables were composed of the elapsed mean time, displacement(X, Y, Z axis) of COG, velocity(Y axis) of COG, angular displacement of lower leg(hip, knee), ante-posterior leaning angle of trunk according to take-off

distances(height %) by phases.

SPSS12.0 Statistics Program was used to carry out the One-Way Analysis of Variance(ANOVA) and the significance level was set at $\alpha=.05$. The conclusions were as follows.

1. Temporal variable

Total elapsed time wasn't showed significant difference according to 3 kinds of distances of take-off during First hurdle clearance($p>.05$), but showed the shortest elapsed time during the 2 hurdle and rather shorter elapsed time at the 0% distance of take-off.

2. Linear motion variables by Each Phases and Events

1) COG displacement in X-axis according to distances of take-off didn't showed significant difference($p>.05$), but the case of the +7% distance of take-off showed the shortest displacement during DTO and DF-1 phases, and Z-axis in case of the -7% distance of take-off showed the highest take-off style.

2) COG displacement in Z-axis showed more increasing pattern in the case of the -7% distance of take-off during DTO, the difference between pre and post of DTO showed longest displacement(Y-axis) in the case of the +7% distance of take-off, and showed significant difference($p<.05$) and then COG velocity(Y-axis) during RF-TD phase showed the fastest($P<.05$) and after that, showed faster in the 0% distance of take-off during HCM phase.

3. Angular motion variables

1) The Angular displacement of lower leg(hip, knee)

Angular displacement of right-hip showed more extended pattern in the 0% & +7% distance of take-off than that of the -7 distance of take-off during RF-TO phase, after that, more flexed pattern during LF-TD phase. Angular displacement of right-knee showed more extended pattern in the 0% & +7% distance of take-off than that of the -7 distance of take-off during RF-TO phase, after that, more flexed pattern during LF-TD phase.

2) Titled angle of anterior-posterior of trunk

Angular displacement of anterior-posterior tilting of trunk showed the most stable in the case of the 0% distance of take-off and the most extended posture in the case of the 0% distance of take-off during LF-TD phase.

