

## 포환던지기 동작 시 포환과 신체 무게중심의 운동학적 특성 : 한국 여자 기록보유자를 대상으로

이동진<sup>1</sup>, 조병준<sup>2</sup>, 이명선<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>충남대학교 체육교육과, <sup>2</sup>강원대학교 응급구조학과

### Kinematic Characteristics of the Thrower's COM and the Shot in Shot Put : The Woman Record Holder of Korea

Dong-Jin Lee<sup>1</sup>, Byung-jun Cho<sup>2</sup> and Myung-Sun Lee<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Education, ChungNam National University

<sup>2</sup>Department of Emergency Medical Service, Kangwon National University

**요 약** 본 논문은 포환던지기 여자 기록보유자의 실제 경기에서 포환과 신체 무게중심의 운동학적 특성을 분석하는데 있다. 이를 위해 2대의 비디오카메라를 이용하여 촬영 한 후, 3차원 영상분석을 위해 DLT 방법을 이용하였으며, 자료 분석을 위해 Kwon3D 프로그램을 이용하였다. 그 결과는 다음과 같다. 첫째, 포환의 투사 속도와 투사 높이는 각각 13.73 m/s, 198.6 cm(신장비 119%)로 선행연구들과 비교했을 때, 최적의 수행을 한 것으로 판단되나 투사 각도는 34 °로 다소 작게 나타났다. 둘째, 신체 무게중심의 이동은 글라이드 구간에서 투사 방향으로의 이동이 필요하며, 릴리스 구간에서 신체 무게중심의 상하 이동을 제어해야 한다. 셋째, 릴리스 순간 신체 무게중심의 좌우방향과 상하방향의 흔들림 없이 정확한 타이밍에 포환이 투사되어야 한다.

**Abstract** The purpose of this study was to analyze the kinematic characteristics of the thrower's center of mass (COM) and the shot that her performance hits record high for the 29th National Athletic Competition. Two S-VHS video cameras were used to visualize. The Direct Linear Transformation technique was employed to paint a clear picture in the three dimensional coordination. Kwon3D was used to analyze the data. The results showed that release velocity and height were 13.73 m/s and 198.6 cm(119% by height ratio), respectively, which is considered as peak performance comparing an extensive review of previous literature on the shot put. Release angle was 34 °, which is lower than the previous studies. The path of thrower's center of mass is needed to travel in a release direction during the flight phase. The vertical movement of the thrower's center of mass during the driving should be controlled. At release, the perfect timing is required without vertical and horizontal movements of the thrower's center of mass.

**Key Words** : Shot put, Kinematic characteristic, Center of mass(COM), Shot

#### 1. 서론

육상 경기에 대한 연구는 기록경기로써 단일사례를 통해 우수한 선수의 동작에 대한 역학적인 분석이 요구되는 분야라고 할 수 있다. 한편으로, 연구 결과의 활용에는

선수들의 개인적인 특성이 반영되고, 발휘되어야 하기 때문에 그 적용에 있어 조심스러운 것이 사실이다. 하지만 역학적인 원리의 적용이라는 관점에서 조명해야 할 필요가 있는 것 또한 사실이다.

포환던지기는 육상 투척경기의 대표적인 종목으로서

\*Corresponding Author : Myung-Sun Lee

Tel: +82-10-3798-8359 email: lms9820@hanmail.net

접수일 12년 07월 30일

수정일 (1차 12년 10월 22일, 2차 12년 10월 31일)

게재확정일 12년 11월 08일

지름 2.135 m의 콘크리트로 다져진 원 안에서 제한된 구역의 포환을 가장 멀리 던지는 경기이다. 일반적으로 포환던지기는 준비동작, 글라이드, 던지기 준비자세, 던지기, 팔로스루, 리버어스의 과정으로 구분된다[1].

일반적인 던지기 운동수행에 있어 운동역학적인 기본 원칙을 정리하면 첫째, 가능한 큰 힘을 긴 거리에 걸쳐 작용시키고, 둘째, 힘은 던지는 방향에 따라 직선적으로 가해야 하며, 셋째, 던지는 동작 중 던지는 방향으로 신체 이동 속도를 떨어뜨리지 말고 가속시켜야 한다[2]는 것으로 이해할 수 있다. 한편, 이러한 운동역학적인 원리는 포환던지기에 있어서는 포환의 투사체 운동에 집중되어야 한다. 이와 같은 이유에서 포환의 움직임에 관한 기술을 분석하는 것이 일차적으로 과학적 훈련을 위한 준거로 볼 수 있다.

포환던지기의 경기력을 결정하는 요인은 투사체 운동과 관련한 포환의 투사높이, 투사각도, 투사속도이며, 근력, 순발력, 유연성, 그리고 던지기 동작에 관여하는 신체 분절의 협응 능력에 의해 영향을 받는다.[3,4]. 따라서 이들 주요 요인에 대한 과학적인 분석과 우수 선수에 대한 다각적인 비교 연구가 선행되어야 할 것이다.

과거의 선행연구를 살펴보면 국내외를 통해 많은 연구가 이루어지지 않은 것이 현실이며, 글라이드 및 릴리즈 동작에 대한 선수의 운동학적 분석[5]과 함께 포환, 즉 투사체의 주요 요인에 대한 결과 제시 위주로 그에 대한 논의가 부족한 것을 알 수 있다. 또한 이들 대부분의 연구 대상이 남자에 국한되었다. 구체적으로 살펴보면, Ryu, Park, & Kim[6]은 남자 포환던지기 국가대표 선수 1명을 대상으로 성공과 실패 시의 운동학적 변인에 대해 비교 분석하였으며, Lee[7]는 남자 국가대표급 선수를 대상으로 연구한 결과 글라이딩 이후 오른발 앞꿈치에서 왼발 뒤꿈치까지의 거리가 평균 104.5 cm이며, 신장비 64%라고 보고하였다. 또한 Liu & Wang[8]은 신장이 176 cm인 여자선수의 경우 평균 187.7 cm로써 기록과 양적 상관관계가 있다고 보고하는 등 엘리트 선수를 대상으로 반복 측정을 통해 신체의 움직임과 선수의 자세에 대한 결과를 제시하였다. 그리고 Ariel et al.[9]은 2004년 아테네 올림픽 메달리스트들의 경기 분석을 통해 투사 순간 포환의 투사 속도, 투사 높이, 투사 각도에 대한 결과와 분절의 가속도에 대한 결과를 제시하였다. 한편, 시뮬레이션과 수학적 공식을 통한 투사체 즉, 포환의 이상적인 투사각도, 투사속도와 투사높이에 따른 포환의 투사각도 비교 등의 연구가 보고되었고[10,11,12], 포환던지기 동작에서 나타나는 신체분절의 기여도나 협응에 관한 연구 등이 보고되었다[13,14].

우리나라는 지난해 세계육상경기대회를 개최했을 정

도로 육상 종목의 세계화는 다져가고 있지만 그 경기력은 아직까지도 세계적인 수준과는 거리가 있으며, 몇몇 종목은 과거의 경기력에서 오히려 후퇴하고 있는 실정이다. 포환던지기도 그 중의 한 종목으로, 구체적으로 살펴보면, 현재 우리나라 여자 국가대표의 주전 선수인 LMY 선수는 2010년 제16회 광저우 아시안게임에서 17.51 m의 기록으로 자랑스러운 동메달을 획득하였다. 한편, LMY 선수의 개인 최고 기록은 17.62 m이다. 하지만 안타깝게도 포환던지기 한국 신기록은 LMS 선수가 2000년 중국육상대상대회에서 기록한 19.36 m이다. 여기서 우리가 주목해야 할 것은 현재 국가대표 주전선수의 기록이 10년 전의 기록보다 1.74 m 감소한 거리의 기록이라는 것이다. 과학적인 훈련, 선수 개인의 체격 및 체력의 발전이 더해가는 시대의 흐름에 역행하고 있는 기록의 결과는 우리에게 시사하는 바가 크다. 즉, 포환던지기는 우리나라 선수들이 우수한 경기력을 발휘하기 위해 과학적인 훈련과 이를 뒷받침 해줄 수 있는 기술 분석이 매우 필요한 종목이라 할 수 있다. 따라서 한국기록 보유자인 LMS 선수의 전성기 시절의 경기 영상에 대해 분석하는 것이 본 연구의 목적이며, 이를 통해 우리나라 포환던지기 기록 향상에 도움을 줄 수 있는 과학적인 훈련의 기초자료를 제공할 필요가 있다.

## 2. 연구방법

### 2.1 연구대상자

한국기록 보유자이며 국가대표 선수인 LMS 선수의 제29회 전국중별육상경기대회의 실제 경기 영상을 분석 대상으로 하였다. LMS 선수의 당시 개인적 특성은 표 1과 같다.

【표 1】 대상자의 특성

【Table 1】 Characteristics of subject

Item	Height(cm)	Weight(kg)	Career(yrs.)	Record(m)
	167	93	10	18.18

### 2.2 실험절차

2000년 5월 2일 충북 제천에서 개최된 제29회 전국중별육상경기대회의 실제 포환던지기 경기장에 비디오카메라 두 대를 설치하여 촬영하였다. 비디오카메라는 선수들의 경기 방해되지 않도록 특정한 거리와 각도로 설치되었다. 비디오카메라의 촬영속도는 60 fields/s로 촬영되

었다. 영상은 예선과 결선 모든 시기가 기록되었고 두 대의 비디오키메라 영상은 특정 순간을 기준으로 동조화시켰다. 분석하고자 하는 운동학적 변인을 산출하기 위한 디지털이징은 연구자의 시각적 해석에 근거해 실시되었다. 또한 서클을 포함하는 공간 좌표를 얻기 위한 통계점들은 경기 후 설치하여 촬영하였다.

### 2.3 분석절차

동조화된 영상은 Kwon3D 프로그램을 이용하여 분석과정을 거쳐 데이터 결과를 얻었다. 예선과 결선 6회의 시기 중 가장 기록이 좋은 3차 시기(18.18 m)의 동작에 대해 영상분석을 실시하였다. 각각의 카메라에서 21개의 인체 관절점과 1개의 포환에 대해 디지털이징하였다. 각각의 데이터는 cubic spline 함수를 이용하여 스무딩 되었고, DLT 방법에 의해 3차원 공간 좌표화 하였다. 이 때 차단 주파수는 6 Hz로 설정하였다.

### 2.4 이벤트 및 구간 설정

포환던지기 기술동작은 7개의 이벤트와 4개의 구간으로 정의하였다. 이벤트1(E1)은 서클에서의 준비자세로서 자세를 낮추기 직전의 순간이다. 이벤트2(E2)는 준비자세에서 자세를 낮추면서 글라이딩을 시작하는 순간, 이벤트3(E3)은 글라이딩 시작하여 오른발이 이륙하는 순간, 이벤트4(E4)는 오른발이 착지하는 순간, 그리고 이벤트5(E5)는 왼발이 착지하는 순간이다. 이벤트6(E6)은 릴리즈 직전의 순간, 이벤트7(E7)은 릴리즈 순간이다.

제1구간(P1)은 준비자세의 E1에서 글라이딩을 시작하는 E2까지의 구간으로서, 초기자세 구간이다. 제 2구간(P2)은 글라이딩을 시작하여 오른발이 지면에 착지되는 순간(E4)까지의 구간으로서, 글라이딩 구간이다. 제 3구간(P3)은 글라이딩하여 오른발이 지면에 착지된 직후부터 릴리즈 직전(E6)까지의 구간으로서, 오른발을 지면에 지지하여 외력을 얻어 허리를 틀어내는 힘의 구간이다. 즉 딜리버리 구간이다. 제 4구간(P4)은 릴리즈 직전부터 포환을 뺄어내는 순간, 즉 릴리즈 순간(E7)까지의 구간이며, 릴리즈 구간이다.

## 3. 결과

### 3.1 투사순간 포환의 투사체 변인

LMS 선수의 운동수행 결과로 야기된 포환의 릴리즈 시 운동학적 변인은 각각 투사 속도가 13.73 m/s, 투사 높이는 198.6 cm, 그리고 투사각이 34 °로 나타났으며 표

2, 이 때 LMS 선수의 기록은 18.18 m를 기록하였다. 포환의 릴리즈 높이는 LMS 선수의 신장 대비 119%인 것으로 나타났다.

[표 2] 릴리즈 시 투사 속도, 투사 높이 및 투사각  
[Table 2] Velocity, height and angle of release

Item	velocity(m/s)	height(cm)	angle(deg)
	13.73	198.6	34

### 3.2 신체 무게중심의 위치

LMS 선수의 포환던지기 동작 시 주요 순간에 대한 신체 무게중심의 위치는 표 3과 같다. 신체 무게중심의 좌우 방향의 이동은 준비자세에서 릴리즈 순간까지 약 19 cm가 좌측으로 이동한 것으로 나타났다. 특히 준비자세에서 오른발이 이륙할 때까지 16.7 cm의 비교적 많은 좌측방향으로의 이동이 나타난 것으로 나타났고, 오른발 착지 후 딜리버리 구간에서는 신체 무게중심의 좌우 이동이 거의 일어나지 않은 것으로 나타났다.

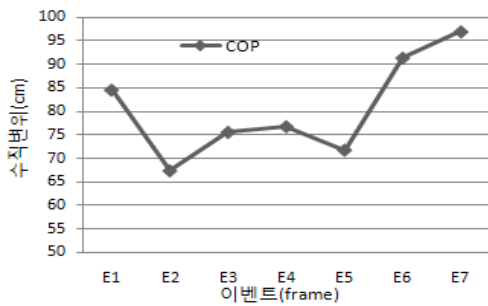
[표 3] 주요순간 신체 무게중심 위치  
[표 3] Displacement of COM at event (unit: cm)

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
X	93.9	100.2	110.6	112.3	113.1	114.3	113.0
Y	234.6	233.5	184.5	161.1	133.6	95.2	91.3
Z	84.6	67.4	75.6	76.8	71.8	91.4	97.0

E1:준비자세, E2:글라이드시작, E3:오른발이륙, E4:오른발착지, E5:왼발착지, E6:릴리즈직전, E7:릴리즈

LMS 선수의 전후 방향의 신체 무게중심 이동은 약 143 cm가 지속적으로 투사 방향으로 이동한 것을 알 수 있다. 한편 구간별로 살펴보면 글라이드를 시작하여 오른발이 착지되는 글라이딩 구간에서 72.4 cm, 딜리버리 구간에서 65.9 cm가 이동한 것으로 나타났다.

LMS 선수의 수직 방향의 신체 무게중심 이동은 준비자세에서 무게중심을 낮춘 후 글라이드를 시작하며 글라이드 동안 무게중심이 조금씩 상승하고 힘을 만들어내는 지면과의 접촉 과정에서 오른발 착지 후 왼발을 착지하면서 다소 낮아지는 경향을 보인 후 포환을 전상방으로 릴리즈하기 위해 다시 무게중심이 상승하는 패턴을 나타냈다[그림 1].



[그림 1] 신체 무게중심 수직 이동변위  
[Fig. 1] Displacement of COM for Y axis

### 3.3 신체 무게중심의 속도

LMS 선수의 포환던지기 동작 시 주요 순간에 대한 신체 무게중심의 속도는 표 4와 같다.

LMS 선수의 경우 글라이드를 시작하면서 왼발이 착지될 때까지 좌측으로 이동한 무게중심 변위에 의해 약간의 속도가 나타났으며 몸통 회전과 함께 포환을 밀어내는 동작에 의해 릴리즈 전후에는 - 속도(우측으로 방향의 전환)가 발생한 것으로 나타났다.

[표 4] 주요 순간 신체 무게중심 속도  
[Table 4] Velocity of COM at event (unit: m/s)

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
X	0.23	0.01	0.16	0.13	0.31	-0.51	-0.12
Y	-0.32	0.54	2.21	2.29	2.16	0.55	0.68
Z	0.01	-0.45	0.54	-0.30	-0.02	0.97	0.91
R	0.39	0.70	2.28	2.32	2.18	1.23	1.14

E1:준비자세, E2:글라이드시작, E3:오른발이륙, E4:오른발착지, E5:왼발착지, E6:릴리즈직전, E7:릴리즈

LMS 선수의 전후방향으로의 신체 무게중심 속도는 표 4의 결과에서 알 수 있듯이 오른발이 착지하는 글라이드 구간에서 크게 나타난 후(2.29 m/s) 릴리버리 구간에서는 지면과의 접촉과 함께 제동력이 발휘되면서 전방으로의 속도가 감소한 것으로 나타났다. 한편, 수직방향으로의 신체 무게중심 속도는 릴리버리 구간까지 신체 무게중심의 이동 변위에서 나타난 것처럼 고저의 움직임에 의한 속도의 변화가 나타났다. 그리고 난 후 릴리즈 순간까지 신체 무게중심의 수직속도가 빠르게 증가한 것으로 나타났다.

## 4. 논 의

### 4.1 포환의 투사 속도, 투사 높이 및 투사각

투사순간 포환의 변인과 관련하여 선행연구를 살펴보면, Areil et al.[9]은 2004년 아테네 올림픽의 남자 포환던지기 경기의 메달리스트들에 대한 분석에서 1위 선수의 기록은 21.16m 이었으며, 이 때 포환의 투사 속도는 13.85 m/s, 투사 높이는 2.55 m(신장비 127.5%), 그리고 투사각은 33 °라고 보고하였다. 또한 2위 선수의 기록은 21.16 m 이었으며, 이 때 포환의 투사 속도는 13.95 m/s, 투사 높이는 2.33 m(신장비 118.1%), 그리고 투사각은 33 °라고 보고하였다. 그리고 3위 선수의 기록은 21.07 m 이었으며, 이 때 포환의 투사 속도는 13.60 m/s, 투사 높이는 2.31 m(신장비 121%), 그리고 투사각은 41 °라고 보고하였다. 한편, Lee[15]은 포환던지기 기록에 영향을 미치는 요인들 중 투사속도와 투사높이가 정적 상관관, 간접적으로는 투사각과 정적상관을 보였다고 보고하였으며, Ryu et al.[6]은 HIS선수가 2010년 한국 남자 신기록 작성 시 투사높이는 2.22 m(신장비 116.2%), 투사속도는 13.24 m/s, 그리고 투사각은 32.7 °라고 보고하였다. 그리고 Liu & Wang[11]은 여자 엘리트 선수를 대상으로 반복 측정한 결과 투사속도는 11.55 m/s, 투사각은 평균 37.3 °, 투사높이는 평균 1.99 m(신장비 113%)로 나타났으며, 이 때 기록은 평균 15.86 m라고 보고하였다.

일반적으로 포환의 투사 속도는 가능하면 빠르게 하는 것이 유리하며, 포환의 투사체 운동에서 수평거리를 결정하는데 있어 투사속도는 제곱에 비례하므로 가장 큰 요인이다. 하지만 선행연구들이 거의 남자를 대상으로 한 것이기 때문에 포환의 무게를 감안하면 본 연구 대상자와의 단순 비교는 어려운 것이 사실이다.

투사각도에 대한 연구 결과는 실험 연구와 시뮬레이션 연구 등에 의해 많은 보고가 있었는데, Carr[2]는 엘리트 선수가 지면으로부터 2.13 m 혹은 그 이상의 높이에서 포환을 던진다면 일반적으로 35~42 ° 사이가 적정 투사각이라고 하였다. 한편 Steben & Bell[16]는 우수선수에 대한 실험보고서에서 투사 높이가 1.8 m이고 투사 속도가 약 11 m/s의 조건에서 가장 적정한 투사각은 41.4 °라고 보고하였다. Hubbard[10,17]는 적정투사각도가 투사 속도를 제한하지 않아야 한다는 개념은 포환던지기 경기에서 여전히 가장 중요한 개념이며, 엘리트 포환던지기 선수들 사이에서 보고된 투사각도는 약 36~37 °라고 하였다. 또한 Hubbard et al.[18]은 후속연구에서 포환의 기록은 투사속도, 투사각, 투사 높이에 의한 포환의 비행 거리와 서클의 끝에서 부터의 릴리즈 지점의 수평 변위의

합이며, 이들 네 개의 변인은 독립적이지 않다고 하였다. 발생시킬 수 있는 투사 속도와 수평변위는 투사 각도와 투사 높이에 의존하며, 회귀분석 결과 투사각 42°, 투사 높이 1.97 m와 투사각 36°, 투사 높이 2.13 m에서 최적의 투사 속도와 수평변위를 보인다고 하였다. 즉, 투사높이 1.97 m에서 2.13 m 사이에서 투사각을 42°에서 36°의 범위 내에서 투사하는 것이 바람직하다고 보고하였다. 한편, 신체적 한계에 의해 투사각이 증가하거나 투사 높이가 증가하면 투사 속도의 감소를 가져온다고 주장하였다. 최대의 기록을 만들어내는 최적의 투사 조건은 선수 개인에 맞는 통계를 통해서 결정된다고 보고한 결과를 바탕으로 선수 개인의 신장에 따른 최적의 투사각을 결정하는 것이 필요한 것으로 판단된다.

이상의 선행연구들과 비교했을 때 LMS 선수의 투사 속도는 선행연구에서 보고한 대상자들에 비해 빠른 것으로 나타났으며, 2004 아테네 올림픽 포환던지기 남자 메달리스트들의 투사속도와 비슷하게 나왔다. 한편, 투사각도에 있어 LMS 선수는 다양한 선행 연구 결과와 비교했을 때 다소 작게 나타났으며, 순수한 투사 높이를 기준으로 투사 각도를 조금 더 크게 하는 것이 바람직하다고 사료된다. 그리고 투사 높이는 선행연구들의 대상자들과 비교했을 때 투사 높이의 신장비는 다른 선행연구들과 다소간의 차이는 있지만 비슷한 결과를 나타냈으며, 투사 속도를 유지하며 신장 대비 최선의 투사 높이를 보인 것으로 판단된다.

#### 4.2 주요 순간 신체 무게중심 이동 변위

LMS 선수의 신체 무게중심 이동 변위에서 주목할 것은 첫째, 좌우방향으로의 이동 변위이다. LMS 선수의 경우 준비자세에서 글라이드를 시작하는 순간까지 투사방향의 좌측으로 16.7 cm가 이동하였는데, 이는 힘의 방향과 딜리버리 구간에서 좌측 회전을 효과적으로 만들어야 하는 관점에서 불필요한 선행동작으로 판단된다. 즉, 준비자세에서 글라이드를 시작할 때 좀 더 투사 방향으로 신체를 이동시키는 것이 힘의 연속성과 딜리버리 구간에서 신체의 꼬임을 많이 만들어 회전 효과를 높일 수 있을 것으로 사료된다.

둘째, 글라이딩 후반과 딜리버리 초기 과정에서의 신체 무게중심의 상하 이동변위이다. 이 구간은 신체가 다시 지면과의 접촉을 통해 글라이딩에서 얻은 운동량을 릴리즈까지 연속적으로 가져가야 하는 중요한 순간이다. Cooper[19]는 이 과정을 릴리즈 초기 동작으로 규정하고, 이때 왼발은 비틀린 허리의 탄성을 유지하기 위한 브레이크 역할을 하여야 하고, 오른발은 글라이딩의 신체중심 높이를 유지하는 자세가 되어야 한다고 주장하였다. 또한

Steben & Bell[16]은 딜리버리를 시작하는 자세는 글라이딩에서 얻은 신체의 직선 운동량을 연속적으로 최대의 회전 운동량으로 전환하여 포환에 전달시키는 과정으로 신체중심이 일정한 높이의 패턴을 보이는 것이 좋은 자세라고 하였다. 하지만 LMS 선수의 경우는 오른발이 이륙하여 다시 착지되고 다음에 왼발이 착지되는 과정에서 신체 무게중심의 고저가 다소 나타났는데(그림 2), 왼발 착지 시 오른발의 지면 지지가 좀 더 필요한 것으로 사료된다.

한편, Hubbard et al.[18]이 주장한 서클의 끝에서 부터의 릴리즈 지점의 수평 변위의 중요성과 Liu & Wang[8]이 포환던지기에서 투사 거리의 손해를 감소시키기 위해서는, 투사된 포환과 서클의 끝 사이의 거리를 줄여야 한다는 보고 등을 종합할 때, 포환던지기 경기 특성상 제한된 서클에서 연속적인 투사방향으로의 신체 이동은 바람직하지만 선수 개인의 신장이나 하지장과 같은 신체 조건에 따라 투사 방향의 서클 앞까지 최대한 이동할 수 있는 방법을 강구해야 할 것으로 판단된다.

#### 4.3 주요 순간 신체 무게중심 속도

LMS 선수의 포환던지기 경기에서 나타난 신체 무게중심의 속도를 살펴보면, 먼저 신체 무게중심의 좌우방향에 대한 속도에서 비교적 크지 않지만 릴리즈 과정에서 방향의 변화가 있는 것을 알 수 있다(표 4). 이는 포환을 밀어내는 팔의 근력이나 투사 타이밍과 관련 있는 것으로 추정되는데 좌우방향에 대한 신체 무게중심의 속도는 가능하면 최소화하면서 변화가 없는 것이 힘의 효율적인 측면에서 바람직하다고 판단된다.

LMS 선수의 릴리즈 순간 신체 무게중심의 힘의 방향은 삼각함수에 따라 계산하면 지면으로부터 약 53°의 각도를 나타내었다. 이는 LMS 선수의 경우 비교적 작은 신장에 의한 투사 높이의 불리함을 극복하면서 지면반력을 최대한 이용하기 위한 동작의 결과로 판단된다. 하지만 더욱 효과적인 동작을 위해서는 왼발의 지면과의 접촉과정에서 수직변위가 하락하는 불필요한 이동동작을 줄이는 즉, 수직속도의 감소 없이 신체 무게중심의 수직 상승을 만들어 낸다면 기록 향상에 도움이 될 것으로 사료된다. 한편, 이러한 동작은 순간적인 폭발력을 발휘하고, 던지는 팔로 힘을 효과적으로 전이시킬 수 있는 협응 즉, 타이밍을 일치시키는 훈련이 필요할 것으로 사료된다. 또한 같은 맥락에서 진행방향에 대한 신체 무게중심의 속도에서 나타난 바와 같이, 글라이딩 동안 진행방향에 대한 수평속도는 합성속도와 큰 차이가 없이 유사한 것은 바람직하다. 그러나 수직속도의 값 변화는 글라이딩과 드라이브 과정에서 신체의 상하 움직임이 발생한 것으로

판단되는데, 가능하면 글라이딩의 연속적인 자세가 필요한 것으로 사료된다.

글라이드는 준비 자세에서 하지 각근력에 의한 폭발적인 추진으로 신체의 가속을 최대화시키는 동작이기 때문에, 초기에 폭발적인 힘을 발휘하고, 다음 국면으로 연속적인 연결동작이 이루어져야 한다고 보고하고 있다.[12, 20]. 또한 딜리버리 국면은 글라이드에서 얻은 신체의 운동량을 양 발의 빠른 착지와 더불어 순간적인 허리 토크로 유도하는 전환동작과 릴리즈로 이루어진 국면[21]이므로, 기록이 낮은 대부분의 선수들은 불연속적인 착지 동작으로 글라이드에서 얻은 신체의 관성을 유지하지 못하고, 딜리버리 국면에서 탄성과 신체의 관성이 연결되지 못하는 결점을 갖고 있다고 보고하였다[20,22].

이러한 선행연구 결과를 바탕으로 살펴보면, 글라이드 구간부터 딜리버리 구간까지 신체의 효율적인 움직임이 릴리즈 순간 포환의 최적 상황을 만들 수 있으며 이러한 과정을 통해 기록 향상을 도모할 것으로 사료된다.

## 5. 결론 및 제언

LMS 선수가 18.13 m의 기록을 세운 포환던지기 경기 분석을 통해 LMS 선수와 같은 조건을 갖는 선수에 대한 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 포환의 투사 속도와 투사 높이는 각각 13.73 m/s, 198.6 cm(신장비 119%)로 선행연구들과 비교했을 때, 최적의 수행을 하였으나 투사 각도는 34 °로 신장에 비해 다소 작게 나타났다.

둘째, 신체 무게중심의 이동에서 글라이드 구간에서 투사 방향으로의 이동이 필요하며, 딜리버리 구간에서 신체 무게중심의 상하 이동을 제어해야 한다.

셋째, 딜리버리 구간부터 릴리즈 순간까지 신체 무게중심의 좌우방향과 상하방향의 흔들림 없이 정확한 타이밍에 포환이 투사되어야 한다.

이상의 결론을 바탕으로 일반적인 포환던지기 경기의 기록 향상을 위한 기본적인 제언을 제시하면 포환의 최적의 투사변인은 힘의 방향과 관련된 신체 분절의 효율적인 협응의 문제와 힘의 크기와 관련된 파워의 문제로 집약할 수 있으며, 선수 개인의 신체적 특성을 더해 최상의 기록을 세울 수 있는 것이다.

한편, 후속연구를 위한 제언을 하자면, 힘과 관련된 직접적인 변인 분석을 위한 근전도 분석, 지면반력 분석을 통해 좀 더 복합적인 연구가 이루어지고, 나아가 선수 개인에 맞는 트레이닝과 관련된 연구가 이루어져야 한다고 할 수 있다.

## References

- [1] Cooper, J. M., Harkins, D., & Wakefield, F., "Track and Field Fundamentals for Girls and Women(4th ed)". Saint Louis: Mosby. 1977.
- [2] Carr, G., "Mechanics of Sport: A Practitioner's Guide". Champaign, Illinois: Human Kinetics. 1997.
- [3] Winter, D. A., "Biomechanics and Motor Control of Human Movement", New York: Wiley Inter-science. 1990.
- [4] Zatsiorsky, V. M., "Biomechanics in Sport", Blackwell Science Ltd. 2000.
- [5] Jeong, B. Y., "Kinematic Analysis of the Shot Putting Motion", Journal of the Korean Society for the Study of Physical Education, 9(2), 273-284. 2004.
- [6] Ryu, J. S., Park, J. M., & Kim, T. S., "The Kinematic Difference According to Shot-Putting", Korean Journal of sport Biomechanics, 21(2), pp.161-171. 2011.
- [7] Lee, J. H., "Kinematic analysis of the shot-putting in the male national shot-putters", The Korean Journal of School Physical Education, 12(2), pp. 85-92. 2002.
- [8] Liu, W. & Wang, M., "Kinematic analysis of Shot Put in elite athletes-A case study", Conference Proceedings Archive, 18 International Symposium on Biomechanics in Sports. 2000.
- [9] Ariel, G., Penny, A., Probe, J., Buijs, R., Simonsen, E., Finch, A., & Judge, L. "Biomechanical analysis of the Shot-Put event at the 2004 Athens Olympic Games". Conference Proceedings Archive, 23 International Symposium on Biomechanics in Sports. 2005.
- [10] Hubbard, M., "The Flight of Sports Projectiles". In: Zatsiorsky, V.M.(Ed.), Biomechanics in Sport: Performance Enhancement and Injury Prevention. Oxford: Blackwell Science, Ltd. 2000.
- [11] Maheras, A. V., "The Relationship between The Angle of Release and The Velocity of Release in The Shot-put, and The Application of A theoretical Model to estimate the optimum Angle of Release (throwing)", Ph.D. Thesis, University of Kansas. 1995.
- [12] Tsirakos, D.K., Bartlett, R.M. & Kollias, I.A., "A comparative study of the release and temporal characteristics of shot put", Journal of Human Movement Studies, 28, pp.227-242. 1995.
- [13] Kim, H. J., "A Study on the Effect of the Body Segment upon the Record of Shot-Putting", Unpublished manuscript, Korea National University of

Education. Korea. 1995.

- [14] Lee, H. J., "Study on the Kinematics Analysis of the Upper Limbs and Lower Limbs a Joint Cooperation of Shot-Put", Unpublished manuscript, Myong Ji University, Korea. 1994.
- [15] Lee, Y. S., "Kinematic Factors Affecting the Records of Gliders in Shot put", Journal of Korean Physical Education Association for Girls and Woman, 25(2), pp.47-56. 2011.
- [16] Steben, R. E. & Bell, S., "Track and field: An Administrative Approach to the Science of Coaching", New Jersey: John Wiley and Sons, Inc., One Wiley Drive, Somerset, 1978.
- [17] Hubbard, M., "The throwing events in track and field". In: Vaughn C.L.,(ed), Biomechanics of sport, Boca Raton, Fl, CRC Press, Inc. pp. 213-238. 1989.
- [18] Hubbard, M., de Mestre, N. J. & Scott, J., "Dependence of release variables in the shot put", Journal of Biomechanics, 34, pp. 449-456. 2001.
- [19] Cooper J. M., & Glassow, R., "Kinesiology(4th ed)". St. Louis: Mosby Co. 1976.
- [20] Kim, J. I., "The Kinematic Analysis of Transition and Delivery Phase in Skill Motion of the Shot-put", Unpublished manuscript, Korea National Sport University, Korea. 2003.
- [21] Lee, S. H., "Techniques training of shot put throwing through peculiarity principles", Korea Institute of Spores Science, Sports Science, Winter issue, pp.34-42. 2007.
- [22] Alexander, M. J., Lindner, K. j., & Whalen, M., "Structural and biomechanics factors differentiating between male and female shot put athletes", Journal of Human Movement studies, 30, pp. 103-146. 1996.

---

**조 병 준(Byung-jun Cho)**

[정회원]



- 2003년 2월 : 충남대학교 체육학과 (이학박사)
- 2010년 9월 ~ 현재 : 강원대학교 응급구조학과 교수

<관심분야>  
응급구조학 및 의학

---

**이 명 선(Myung-Sun Lee)**

[정회원]



- 2007년 2월 : 한국체육대학교 (석사)
- 2012년 2월 : 충남대학교 체육학과 (이학박사)

<관심분야>  
트레이닝 방법론, 운동생리학

---

**이 동 진(Dong-Jin Lee)**

[정회원]



- 1999년 2월 : 충남대학교체육학과 (이학박사)
- 1999년 3월 ~ 현재 : 충남대학교 체육교육과 시간강사

<관심분야>  
운동역학, 테니스