

## 남자 포환던지기 시 성공과 실패에 따른 운동학적 차이

- 국가대표 황인성 선수를 중심으로 -

류지선<sup>1</sup> · 박재명<sup>2</sup> · 김태삼<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 한국체육대학교 스포츠건강복지학부 스포츠건강관리 · <sup>2</sup> 한국체육대학교 대학원 체육학과 · <sup>3</sup> 한국체육대학교 체육과학연구소

### The Kinematic Difference According to Success and Failure of Shot-Putting

- Focusing on Member of the National Team, Hwang, In-sung, Player -

Ji-Seon Ryu<sup>1</sup> · Jae-Myoung Park<sup>2</sup> · Tae-Sam Kim<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Sport & Health Management Major, School of Sport Health & Welfare, Korea National Sport University, Seoul, Korea

<sup>2</sup> Department of Physical Education, Graduate School of Korea National Sport University, Seoul, Korea

<sup>3</sup> Sports Science Institute, Korea National Sport University, Seoul, Korea

Received 29 April 2011; Received in revised form 12 May 2011; Accepted 21 June 2011

#### ABSTRACT

The purpose of this study was to identify biomechanical characteristics of glide and delivery motion of In-Sung Hwang, player who is a member of the national team among the finalists in the men's shot put at the 2010 National Sports Festivals. Three-Dimensional motion analysis using a system of 3 video cameras at a sampling frequency of 60 Hz was performed for this study. During the glide and delivery phase the results showed following characteristics; 1) The glide type was suitable for the short-long technique, but the trajectory of shot at the glide and delivery phase showed a different trajectory pattern with "S-shaped" type of elite players due to many deviating from central axis of the APSS(athletic-plus shot system). 2) Left knee was more flexed during failed trials compared to successful trials but COG was higher. Therefore, the player showed less stability of COG as he may not get enough breaking force at the left foot. 3) Furthermore, it would be required to have strong muscle power at the trunk, throwing arm, and the lower extremity in order to achieve maintain a low projection angle of the release.

**Keywords** : Shot Put, Glide, Delivery, APSS, Trajectory, Breaking Force

## I. 서론

포환던지기는 직경 2.135 m의 원안에서 스텝(step)과 힘(force), 신체의 균형(balance)을 이용하여 최대한의 거리를 얻는 기록경기로, 강한 힘을 포환에 가하기 위해서는 체격적으로 체중이 무거워야 하며, 릴리즈(release) 순간의 높이가 높을수록 기록에 영향을 주기 때문에 신장, 상지장과 하지장의 길이가 긴 것이

유리하다(Alexander & Hay, 1993; Kim, 1993; Lindner & Whalen, 1996; Pyka & Otrando, 1991).

이와 관련해 2009 베를린 세계육상선수권대회 금메달과 2008 베이징 올림픽 은메달인 크리스티안 캔트웰(Christian Cantwell, USA)의 경우 신장이 1.96 m, 체중이 150 kg이었고, 2009 베를린 세계육상선수권대회 은메달과 2008 베이징 올림픽 금메달인 토마시 마예브시크(Tomasz Majewski, Poland)는 신장이 2.04 m, 체중이 130 kg, 그리고 2007 오사카 세계육상선수권대회 우승자인 리스 호파(Reese Hoffa, USA)는 신장이 1.80 m, 체중은 141 kg를 보였고, 은메달 아담 넬슨(Adam Nelson)은 1.83 m의 신장에 120 kg의 체중을 보이면서 체격적으로 신장이나 체중이

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부) 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2010-413-G00007).  
Corresponding Author : Tae-Sam Kim  
Sports Science Institute, Korea National Sport University, 88-15  
Oryun-dong, Sonpa-gu, Seoul, Korea  
Tel : +82-2-410-6927 / Fax : +82-2-418-1877  
E-mail : tskim@knsu.ac.kr

큰 특성을 보이고 있다. 체력적인 면에 있어서도 포환던지기는 다양한 체력인 요소가 중요하지만, 근력, 순발력, 유연성, 그리고 던지기 운동에 관여하는 신체분절의 협응(coordination) 동작에 의해 영향을 받는다(Winter, 1990; Zatsiorsky, 2000).

포환던지기에 사용되는 기술은 오소토크식(Orthodox) 기술, 오브라이언(O'Brien) 기술, 그리고 턴(turn) 기술의 종류가 있지만, 대부분 선수들이 오브라이언(글라이드) 기술과 턴 기술을 사용하고 있다. 글라이드 기술은 서클 안에서 뒤돌아선 채 스텝을 시작하는 기술이고, 턴 기술은 원반던지기과 같이 턴을 이용한 후 던지기 국면에서는 글라이드 기술과 같이 미는 동작을 구사하는 기술로, 세계 우수 선수들은 글라이드 기술과 더불어 많은 선수들이 턴 기술을 사용하고 있다. 그 예로 2007 오사카 세계육상선수권대회 1위 루시 호파와 2위 아담 넬슨은 턴 기술로 22.04 m와 21.61 m의 기록을 보였고, 3위인 안드레이 미코네베치(Andrei Mikhnevich, Belarus)는 글라이드 기술로 21.27 m의 기록을 냈다. 최근 2009 베를린 세계육상선수권대회 금메달과 2008 베이징 올림픽 은메달인 크리스티안 캔트웰(22.03 m, 21.09 m)의 경우 턴 기술을 사용했고, 2009 베를린 세계육상선수권대회 은메달과 2008 베이징 올림픽 금메달인 토마시 마예브시크(21.91 m, 21.51 m)는 글라이드 기술로 우승한 사례를 보여주고 있다(IAAF, 2011).

이처럼 세계 우수선수들은 턴 기술과 글라이드 기술의 확연한 구분 없이 사용되고 있는데, 2007 오사카 세계육상선수권대회 메달리스트의 기술 동작을 분석한 Byun et al.(2008)의 연구에 의하면, 신장이 짧은 선수에서는 턴 기술이 적절하고, 신장이 긴 선수들일수록 턴 기술보다 글라이드 기술이 유리한 것으로 보고하고 있다. 글라이드 기술은 포환 파지의 준비자세, 글라이드(glide), 푸팅(pushing), 리버스(reverse) 동작의 4단계로 구분되며(KAAF, 1987), 기술 동작에 따라 글라이드 국면(glide phase)과 릴리즈를 위한 글라이드 국면(delivery phase)으로 구분된다(Byun et al., 2008; Kim, 2003; Lee, 2002; Young & Li, 2005). 글라이드 동작은 허리와 무릎이 굴곡된 준비자세에서 무릎을 폭발적으로 신전시켜 신체중심의 수평속도를 순간적으로 가속시켜 신체의 운동량을 크게 하는 기술로서, 상체의 기울기와 하지의 자세각에 따라 글라이딩의 조건이 달라질 수 있기 때문에 동작의 연속성이 중요하다(Bosen, 1985; Linthorne, 2001; Susanka & Stepanek, 1988).

특히 글라이드는 준비 자세에서 폭발적인 하지 각근력에 의한 탄력적 추진은 신체의 관성을 최대화시키는 동작이기 때문에 초기의 폭발적인 힘을 유지시키고, 다음 국면으로 연속적 연결 동작이 중요한 것으로 보고하고 있다(Kim, 2003; Luhtanen, Blomquist & Vantinen, 1997; Maheras, 1995; Tsirakos, Bartlett & Kollias, 1995; Zatsiorsky, 2000).

딜리버리 국면은 글라이드에서 얻은 신체의 운동량을 양 발

의 빠른 착지와 더불어 순간적인 허리 토크로 유도하는 전환(transition) 동작과 릴리즈(release)로 이루어진 국면이다(Lee, 2007). 착지와 전환 자세는 글라이드에서 연속적으로 유지해온 관성과 힘을 전환시키는 국면으로서, 기록이 낮은 대부분의 선수들은 불연속적인 착지 동작으로 글라이드에서 얻은 신체의 관성을 유지하지 못하고, 딜리버리 국면으로 탄성과 신체의 관성이 연결되지 못하는 결점을 갖고 있다(Alexander et al., 1996; Hubbard, 1988; Kim, 2003). 이러한 불연속적인 기술은 허리의 탄력을 이용한 신체의 회전력으로 포환을 던지지 못하고 팔이나 어깨의 힘에 의존하는 것으로 보고되고 있다(Lee, 2007; Lee, 2002; Luthanen, 1998; Tsirakos et al., 1995; Young & Li, 2005).

이처럼 포환던지기는 글라이드 국면과 딜리버리 국면의 연속적 연결동작을 통해 릴리즈 순간의 투사높이, 투사각, 그리고 투사속도가 중요한 요인으로 작용한다(Ariel et al., 2004; Hubbard, de Mestre, & Scott, 2001; Luthanen, 1998; Maheras, 1995; Hay, 1993). Ariel et al.(2004), Luthanen(1998), Tsirakos et al.(1995)에 의하면, 세계 국제 경기에서의 메달권 획득을 위해서는 남녀 모두 21 m의 기록을 얻기 위해서는 13.5 m/s 이상의 투사속도가 필요하며, 19 m 기록은 13 m/s의 속도가 필요한 것으로 보고하면서, 이는 글라이드 동작에서 얻은 신체중심의 속도를 딜리버리 동작에 연결시키는 것이 가장 중요한 것으로 보고하고 있다.

투사 높이에 있어서도 엘리트 선수들의 경우 2.0 m에서 2.2 m의 투사높이(Alexander et al., 1996; McCoy, Koprowski & Orgen 1989; Tsirakos et al., 1995)를 보였고, 2007 오사카 세계육상선수권대회 메달리스트를 분석한 Byun et al.(2008)의 연구에서는 기록이 21.0 m 이상인 선수들의 경우 2.30 m 이상의 투사높이에서 릴리즈 동작이 이루어짐에 따라 신장과 상지장의 길이가 기록에 크게 기여하는 것으로 보고하고 있다(Alexander, Lindner & Whalen, 1996; Hay, 1993; Pyka & Otrando, 1991).

뿐만 아니라 투사각에 있어서 Ariel et al.(2004), Tsirakos et al.(1995), Bartonietz 와 Felder(1993), McCoy(1992a, 1992b)에 의하면, 엘리트 선수와 비우수 선수들에 있어서 40° 내의 각도에서 릴리즈가 이루어지며, 이는 몸통과 던지는 팔의 위치에 의해 영향을 받는데, 시상면에서 몸통의 기울기, 던지는 팔의 신전각이 릴리즈 각에 큰 영향을 주는 것으로 보고하고 있다.

이처럼 포환던지기는 글라이드 국면과 딜리버리 국면에서의 연속적인 연계동작이 경기력과 직접적인 관련을 주는데, 글라이드 기술을 사용한 세계 기록은 23.12 m로 Randy Barnes(USA, 1990년) 선수의 기록이며, 아시아 남자 기록은 21.13 m로 지난 2009년 도하(Doha)에서 Sultan Abdulmajeed Alhabashi(KZA) 선수가 세운 기록이다. 아시아 기록은 세계 기록과 근접한 경기력을 보여주고 있는 반면에, 한국 남자 기록은 18.86 m(황인성, 2010년)로 아시아와 세계 기록과는 많은 차이를 보여주고 있다.

따라서 이 연구는 글라이드 기술을 사용하는 세계 엘리트 선수들을 분석한 선행연구를 통해 나타난 경기력 관련의 운동학적 요인들을 황인성 선수가 지난 2010년 전국체전 경기에서 기록한 한국 신기록, 그리고 성공 시기와 실패 시기의 글라이드, 딜리버리 동작과 세계 엘리트 선수들의 운동학적 변인을 비교 분석하여 경기력 향상을 위한 기술훈련의 방향을 제공하는데 있다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상자

본 연구는 남자 포환던지기 한국기록을 보유한 국가대표 황인성 선수(신장: 1.91 m, 체중: 130 kg, 운동경력: 13 year)를 중심으로 분석한 것이며, 영상분석은 지난 2010년 전국체전에 참가하여 6번의 시기 중 한국 신기록(18.86 m)과 성공 시기, 그리고 실패한 시기를 각각 분석하였다(Table 1).

Table 1. Final trail record at the success and failure (unit: m)

	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
HIS	18.05	18.33	18.86	x	x	-

### 2. 실험 장비

본 연구에 사용된 실험장비와 분석 장비는 <Table 2>와 같이 촬영 장비와 영상분석 장비를 사용하였다.

Table 2. Experimental equipments

Equipment	Product	Manufacturer
Photograph instrument	Sony PD-150 Control Object(3 m×3 m×2 m)	Sony Ins. VISOL Ins.
Analysis instrument	Kwon3D Version 3.1 Matlab R2009a	VISOL Ins. Matworks ins.

### 3. 실험 절차

본 연구에서 촬영된 영상 자료는 2010년 전국체전에 출전한 황인성 선수를 중심으로 촬영하였으며, 성공과 실패 시기에 대한 글라이드 동작과 딜리버리 동작을 분석하기 위해 Sony PD-150 비디오 카메라 3대를 이용하여 영상을 촬영하였다. 영상분석에 필요한 공간 좌표를 얻기 위해 <Figure 1>과 같이 높이 3 m, 길이 3 m, 폭 2 m의 통제점 틀을 설치하였고, 비디오 카메라 영상은 30 frames/s로 촬영하였으며, 셔터스피드는 500

Hz/s로 설정하였다. 비디오 카메라의 영상을 동조시키기 위해 시합 전 심판 위원의 깃발 신호에 의해 3대의 카메라를 동조시켰다.



Figure 1. Setting of control object

### 4. 자료처리 및 분석 변인

인체는 22개의 관절점과 1개의 가상 관절점(포환)으로 총 23개의 관절점에 14개의 분절이 연결된 강체구조(linked rigid body system)로 정의하였고, 각 분절과 전신의 신체중심을 구하기 위한 신체분절지수(body segment parameter)는 Plagenhoef, Evans 와 Abdelnour(1983)의 자료를 이용하였다. 글라이드와 딜리버리 국면의 운동학적 요인은 거리요인, 속도요인, 그리고 각도요인이며, 각도요인은 릴리즈각(release angle), 상체기울기(trunk lean angle)와 어깨회전각(shoulder line rotation angle), 그리고 무릎각(knee angle)을 분석하였다.

### 5. 분석 국면

본 연구에서의 분석 국면은 준비자세에서 릴리즈까지로 설정하였으며, <Figure 2>와 같이 5개의 Event와 4개의 Phase로 설정하여 분석하였다(Young, 2009). 글라이드 국면은 E1에서 E3까지이며, 딜리버리 국면은 E3에서 E5까지로, 전환동작(E3-E4)과 릴리즈 동작(E4-E5)으로 각각 구분하여 분석하였다.

## III. 결과

### 1. 글라이드 국면

<Table 3>은 시기 별 글라이드 국면에서의 운동학적 자료를 평균과 편차 값으로 나타낸 것이다.

준비자세에서 오른발 이지(take-off)까지 1국면에서의 소요시간을 보면, 평균 0.42±0.02 sec를 보였으며, 시기 별 큰 차이는 보이지 않았지만, 2차 시기에서 0.38 sec로 다소 짧은 시간을 보였다.



RFTD : Rear foot touchdown, FFTD: Front foot touchdwn  
 Glide phase(E1-E3) - P 1: E1-E2(pre-flight), P2 : E2-E3(flight), Delivery phase(E3-E5) - P3 : E3-E4(transition phase), P4 : E4-E5(release phase)

Figure 2. Definition of event

Table 3. Kinematic characteristics at the glide phase

		1st	2nd	3rd	4th	5th	<i>M±SD</i>
		18.05 m	18.33 m	18.66 m	x	x	
Executive time at P1(sec)		0.43	0.38	0.43	0.43	0.43	0.42±0.02
Executive time at P2(sec)		0.15	0.13	0.13	0.15	0.15	0.14±0.01
Glide length from take-off to RFTD(m)		0.84	0.70	0.75	0.80	0.74	0.77±0.05
Vertical displacement of ball(m)		0.33	0.33	0.31	0.32	0.31	0.32±0.01
Vertical height of ball(m)	E1	0.88	0.89	0.88	0.87	0.88	0.88±0.01
	E2	1.11	1.13	1.10	1.11	1.10	1.11±0.01
	E3	1.21	1.22	1.19	1.19	1.19	1.20±0.01
Maximum horizontal velocity of COG(m/s)		2.80	2.67	2.77	2.45	2.57	2.65±0.14
Maximum vertical velocity of COG(m/s)		1.10	1.12	1.16	1.11	1.07	1.11±0.03
Knee angle of RL(°)	E1	105.8	112.0	118.7	97.6	99.1	106.6±8.85
	E2	148.4	152.9	154.2	143.1	146.9	149.1±4.52
	E3	100.4	109.3	102.3	100.3	109.0	104.3±4.54
Trunk lean angle(°)	E1	-69.3	-65.4	-68.6	-65.9	-70.1	-67.9±2.09
	E2	-53.1	-53.7	-52.0	-53.8	-53.8	-53.3±0.79
	E3	-38.1	-43.1	-46.4	-43.3	-47.2	-43.6±3.61
Shoulder line rotation(°)	E1	-13.4	-17.6	-12.1	-13.3	-13.5	-14.0±2.09
	E2	3.0	4.4	3.2	2.2	3.0	3.2±0.79
	E3	18.9	16.6	17.1	16.8	14.7	16.8±1.50

RL : rear leg(right leg), FL : front leg(left leg)

오른발 이지(take-off)에서 오른발 착지 순간(RFTD)까지, 2국면에서의 글라이드 시간은 평균 0.14±0.01 sec로 2차 시기와 3차 시기에서 각각 0.13 sec를 보인 것과 달리 1차 시기와 실패 시기에 있어서 0.15 sec로 다소 긴 글라이드 시간을 보였다. 그러나 글라이드 길이에 있어서는 평균 0.77±0.05 m로 최고 기록인 3차 시기의 한국 기록에서는 0.75 m의 길이를 보이면서 기록이 낮은 성공과 실패 시에 있어서 0.75 m보다 짧거나 긴 글라이드 길이를 보였다. 포환의 수직 높이 변위를 보면, 평균 0.32±0.01 m로 큰 차이를 보이지 않았지만, 최고 기록인 3차 시기에서 가장 작은 변위를 보였다.

포환의 Event 별 수직 위치를 살펴보면, 준비자세 E1은 평균 0.88±0.01 m, E2는 평균 1.11±0.01 m, 그리고 E3는 평균 1.20±0.01 m로 시기 별 큰 차이는 보이지 않았지만, 점진적으로 높이가 증가되는 특성을 보였다. 글라이드 국면에서 신체중심의 최대 속도를 보면, 수평속도의 경우 평균 2.65±0.14 m/s를 보였고, 최고 기록인 3차 시기에 있어서는 2.77 m/s로 실패 시보다 다소 큰 수평속도를 보였다. 수직속도에 있어서는 평균 1.11±0.03 m/s로 전체 시기별 큰 차이는 보이지 않았지만, 최고 기록인 3차 시기에서는 1.16 m/s의 최고 속도를 보였다.

글라이드 국면에서의 각도요인을 살펴보면, 준비자세에서 오

른쪽 무릎각(RL)은 평균  $106.6 \pm 8.85^\circ$ 를 보였지만, 이지순간(E2)에 있어서는 평균  $149.1 \pm 4.52^\circ$ 로 크게 신전된 자세를 보였고, E3(RFTD)에서는 평균  $104.3 \pm 4.54^\circ$ 로 준비자세의 E1보다 굴곡된 자세에서 착지되는 특성을 보였다. 특히 최고 기록의 3차 시기에 있어서 준비자세는  $118.7^\circ$ 로 다른 시기보다 다소 신전된 준비자세를 보였고, E2에 있어서도 다른 시기보다 크게 신전된  $154.2^\circ$ 의 자세에서 이지되는 특성을 보였다. 그러나 실패한 4차와 5차 시기에 있어서 E1은 성공 시기보다 굴곡된 자세에서 시작되어, 이지순간의 E2에서는 성공 시기보다 굴곡된 자세에서 글라이드 동작이 이루어지는 특성을 보였다.

상체기울기 변화를 보면, 준비자세에서는 시기 별 큰 차이는 보이지는 않았지만, 평균  $-67.9 \pm 2.09^\circ$  숙어진 기울기를 보였고, E2와 E3에서는 각각 평균  $-53.3 \pm 0.79^\circ$ 와  $-43.6 \pm 3.61^\circ$ 로 전경자세의 기울기가 작아지는 특성을 보였다. 어깨회전각에 있어서도 글라이드 국면에서는 큰 차이를 보이지 않았지만, E3에서는 실패한 5차 시기에 있어서  $14.7^\circ$ 로 내측회전의 움직임이 다소 작은 특성을 보였다.

## 2. 릴리버리 국면

<Table 4, 5>는 릴리버리에서 전환동작과 릴리즈 국면에서의 운동학적 특성과 릴리즈 순간의 투사요인을 나타낸 것이다. <Table 4>는 릴리버리 국면에서 전환동작이 이루어지는 국면으로서, 3국면에서의 소요시간은 평균  $0.12 \pm 0.01$  sec로 3차 시기에 가장 짧은  $0.10$  sec의 전환 동작이 나타났고, 1차와 2차 시기, 그리고 실패시기에서는  $0.12$  sec로 최고기록의 3차 시기보다 다소 긴 시간을 보였다. 전환동작에서 스텝스 길이를 보면 평균  $1.19 \pm 0.02$  m로 큰 차이를 보이지 않았지만, 1차 시기가  $1.16$  m로 가장 짧고, 최고 기록인 3차 시기에서는  $1.19$  m로 실패 시기와의 큰 차이를 보이지 않았다. 포환의 수직높이 변화를 보면, 오른발 착지(RFTD)의 평균  $1.20 \pm 0.01$  m보다 왼발 착지(FFTD)에서 평균  $1.28 \pm 0.04$  m로 약  $0.08$  m 증가된 특성을 보였다. 이는 신체중심의 수직변위에서와 같이 최고 기록과 실패 시에 최소 수직 변위를 보인 반면에 1차와 2차 시기에서는 각각  $0.10$  m와  $0.12$  m씩 수직높이가 증가된 특성을 보였다.

신체중심의 수평 최대속도를 보면, 평균  $2.58 \pm 0.19$  m/s를 보였는데, 최고 기록의 3차 시기에 가장 작은  $2.28$  m/s를 보였고, 성공 시 기록이 작은 1차 시기에 가장 빠른  $2.78$  m/s를 보였다. 전환동작에서 각도요인에 대한 특성을 살펴보면, 오른쪽 무릎각(RL)의 경우 오른발 착지(E3)시 평균  $104.3 \pm 4.54^\circ$ 로 굴곡된 자세각을 보였고, 왼발 착지(E4)에서는 평균  $122.0 \pm 10.12^\circ$ 로 E3보다 신전된 자세각을 보였다. E4에서 가장 크게 신전된 시기는 1차와 2차 시기에  $120.0^\circ$ 와  $135.8^\circ$ 로 E3보다 각각 약  $20^\circ$ 와  $26^\circ$  신전된 자세를 보였지만, 최고 기록의 3차 시기에서는

$102.3^\circ$ 에서  $116.5^\circ$ 로 신전의 움직임 다소 작고, 전체 시기보다 다소 굴곡된 무릎각을 보였다.

상체기울기의 특성을 보면, 최고 기록의 3차 시기에서는 오른발 착지(E3)와 왼발 착지(E4)에서 각각  $-46.4^\circ$ 에서  $-26.7^\circ$ 로 기울기각이 약  $20^\circ$ 의 변화를 보였지만, 1차와 5차 시기에 약  $7^\circ$ 와  $15^\circ$ 로 몸통의 움직임 작은 특성을 보였다. 어깨회전각을 보면, 오른발 착지(E3)는 평균  $16.8 \pm 1.50^\circ$ , 왼발 착지(E4)에서는 평균  $46.1 \pm 9.05^\circ$ 로 내측회전의 움직임이 크게 나타났는데, 최고기록의 3차 시기에 있어서는  $17.1^\circ$ 에서  $37.6^\circ$ 로 가장 작은 회전 동작을 보인 반면에, 1차와 2차 시기의 E4에서는 각각  $50.0^\circ$ 와  $59.7^\circ$ 로 어깨가 회전이 크게 증가된 특성을 보였다.

<Table 5>는 릴리버리 국면에서 릴리즈 동작이 이루어지는 국면으로서, 4국면에서의 소요시간은 평균  $0.25 \pm 0.02$  sec로 실패한 4차와 5차 시기의  $0.27$  sec보다 성공한 1차, 2차, 3차 시기에 있어서 시간이 짧은 특성을 보였다. 릴리즈 국면에서 신체중심의 수평위치 변화를 보면, 릴리즈 순간에 있어서는 평균  $1.66 \pm 0.04$  m로 왼발 착지(E4)의 위치보다 평균  $0.29 \pm 0.04$  m의 수평 이동변위를 보였지만, 성공한 1차와 2차 시기에서는 약  $0.25$  m, 최고 기록의 3차 시기와 실패 시기에는 다소 긴 약  $0.32$  m의 수평 이동변위를 보였다.

수직위치 변화를 보면, 왼발 착지(E4)에서는 평균  $0.96 \pm 0.02$  m를 보였지만, 릴리즈 순간에 있어서는 평균  $1.15 \pm 0.02$  m로 약  $0.20 \pm 0.04$  m의 수직변위가 증가된 특성을 보였다. 특히 1차와 2차 시기에 있어서는 왼발 착지(E4)에서 높은 신체중심을 보이면서 릴리즈 순간, 신체중심의 이동변화가 작게 나타난 반면에, 최고 기록의 3차 시기와 실패한 4차와 5차 시기에 있어서는 신체중심이 낮은 자세를 보인 것과 달리, 릴리즈 순간에 있어서는 신체중심의 이동변화가 큰 특성을 보였다. 신체중심의 수평속도를 보면, 왼발 착지(E4)에서는 평균  $2.12 \pm 0.28$  m/s, 릴리즈 순간에 있어서는 평균  $1.58 \pm 0.29$  m/s로 E4보다 감속되는 특성을 보였고, 최고기록인 3차 시기와 실패한 5차 시기에서는 각각  $1.84$  m/s와  $1.93$  m/s로 왼발 착지순간의 속도보다 감속도가 작은 특성을 보였다. 릴리즈 순간의 수직속도를 보면 1차, 2차, 그리고 5차 시기에서는 - 속도의 감속도를 보인 것과 달리, 3차 시기와 4차 시기에서는 각각  $0.46$  m/s와  $0.44$  m/s로 왼발 착지(E4) 순간보다 작은 감속도를 보였다. 릴리즈 국면에서 각도요인에 대한 특성을 살펴보면, 오른쪽 무릎각(RL)의 경우 릴리즈 순간에 있어서 전체 시기별로 많은 편차를 보였지만, 평균  $138.7 \pm 20.11^\circ$ 로 오른발 착지(E4)보다 신전된 자세각을 보였다.

특히 실패한 4차와 5차 시기에 있어서는  $151.7^\circ$ 와  $163.8^\circ$ 로 무릎이 크게 신전된 자세를 보인 것과 달리 최고 기록의 3차 시기와 2차 시기에서는  $133.6^\circ$ 와  $133.2^\circ$ 를 보여 릴리즈 순간에 있어서는 무릎이 굴곡된 자세를 보였다. 왼쪽 무릎각(FL)의 변화를 보면, 릴리즈 순간에 있어서 평균  $168.9 \pm 4.06^\circ$ 를 보여

Table 4. Kinematic characteristics at the transition phase of the delivery

		1st 18.05 m	2nd 18.33 m	3rd 18.66 m	4th x	5th x	<i>M±SD</i>
Executive time at P3(sec)		0.12	0.12	0.10	0.12	0.12	0.12±0.01
Step length from RFTD to FFTD(m)		1.16	1.21	1.19	1.19	1.21	1.19±0.02
Vertical height of ball(m)	E3	1.21	1.22	1.19	1.19	1.19	1.20±0.01
	E4	1.31	1.34	1.25	1.24	1.25	1.28±0.04
Maximum horizontal velocity of COG(m/s)		2.78	2.59	2.28	2.69	2.58	2.58±0.19
Knee angle of RL(°)	E3	100.4	109.3	102.3	100.3	109.0	104.3±4.54
	E4	120.0	135.8	116.5	109.7	127.8	122.0±10.12
Trunk lean angle(°)	E3	-38.1	-43.1	-46.4	-43.3	-47.2	-43.6±3.61
	E4	-31.2	-25.4	-26.7	-27.6	-30.1	-28.2±2.41
Shoulder line rotation(°)	E3	18.9	16.6	17.1	16.8	14.7	16.8±1.50
	E4	50.0	59.7	37.6	44.7	38.7	46.1±9.05

RL : rear leg(right leg)

Table 5. Kinematic characteristics at the release phase of the delivery

		1st 18.05 m	2nd 18.33 m	3rd 18.66 m	4th x	5th x	<i>M±SD</i>
Executive time at P4(sec)		0.23	0.23	0.25	0.27	0.27	0.25±0.02
Horizontal position of COG(m)	E4	1.37	1.39	1.33	1.39	1.37	1.37±0.02
	E5	1.62	1.64	1.65	1.72	1.69	1.66±0.04
Horizontal displacement of COG(m)		0.25	0.25	0.32	0.33	0.32	0.29±0.04
Vertical position of COG(m)	E4	0.97	0.99	0.94	0.94	0.94	0.96±0.02
	E5	1.14	1.14	1.14	1.17	1.18	1.15±0.02
Vertical displacement of COG(m)		0.17	0.15	0.20	0.23	0.24	0.20±0.04
Horizontal velocity of COG(m/s)	E4	2.15	1.63	2.27	2.30	2.25	2.12±0.28
	E5	1.48	1.28	1.84	1.35	1.93	1.58±0.29
Vertical velocity of COG(m/s)	E4	0.75	0.88	0.55	0.75	0.72	0.73±0.12
	E5	-0.05	-0.10	0.46	0.44	-0.09	0.13±0.29
Knee angle of RL(°)	E4	120.0	135.8	116.5	109.7	127.8	122.0±10.12
	E5	131.1	133.2	133.6	151.7	163.8	138.7±20.11
Knee angle of FL(°)	E4	118.7	146.8	134.3	136.8	127.8	136.9±6.91
	E5	168.0	174.7	170.6	167.3	163.8	168.9±4.06
Trunk lean angle(°)	E4	-31.2	-25.4	-26.7	-27.6	-30.1	-28.2±2.41
	E5	14.5	3.5	7.9	-0.7	2.7	5.6±5.84
Shoulder line rotation(°)	E4	50.0	59.7	37.6	44.7	38.7	46.1±9.05
	E5	219.8	225.7	223.7	227.8	213.8	222.2±5.54
Projection height of release(m)		2.22	2.19	2.22	2.32	2.23	2.24±0.05
Projection velocity of release(m/s)		12.84	12.06	13.24	13.28	12.66	12.74±0.64
Projection angle of release(°)		30.5	34.8	32.7	32.4	33.2	32.7±1.57

RL : rear leg(right leg), FL : front leg(left leg)

원발 착지(E4)보다 크게 신전된 자세각을 보였고, 최고 기록인 3차 시기의 170.6°, 2차 시기의 174.7°는 실패한 4차와 5차 시기 보다 크게 무릎이 신전된 자세에서 릴리즈가 이루어지는 특성을 보였다.

상체기울기 각의 특성을 보면, 릴리즈 순간에 있어서는 평균  $5.6 \pm 5.84^\circ$ 로 후경자세에서 릴리즈 자세를 보였고, 실패한 4차와 5차 시기에서는 후경자세가 다소 작은 각도를 보였지만, 최고 기록인 3차 시기에서는  $7.9^\circ$ 로 후경각이 다소 큰 자세를 보였다. 어깨회전각을 보면, 릴리즈 순간은 평균  $222.2 \pm 5.54^\circ$ 로 원발 착지(E4)보다 내측회전의 움직임이 큰 특성을 보였다. 최고기록인 3차 시기에서는 원발 착지에서 릴리즈순간까지 릴리즈 국면의 어깨회전운동이 큰 특성을 보였지만, 기록이 다소 낮은 1차와 2차 시기에 있어서는 회전운동이 다소 작은 결과를 보였다.

릴리즈 순간에 대한 투사요인을 살펴보면, 투사높이에 있어서는 평균  $2.24 \pm 0.05$  m를 보였고, 최고 기록인 3차 시기에서 2.22 m, 실패한 4차 시기에서는 2.32 m로 가장 높은 위치에서 릴리즈가 이루어지는 특성을 보였다. 릴리즈 순간의 투사속도를 보면, 평균  $12.74 \pm 0.64$  m/s로, 최고 기록의 3차 시기에서는 13.24 m/s를 보였고, 실패한 3차 시기에서 13.28 m/s로 가장 큰 속도를 보였다. 그에 따른 투사각에 있어서는 평균  $32.7 \pm 1.57^\circ$ 에서 릴리즈가 이루어지는 것으로 나타났고, 최고 기록의 3차 시기는  $32.7^\circ$ 의 투사각을 보이면서 전체 시기 간에 큰 차이를 보이지 않았다.

#### IV. 논 의

지난 2009년 도하(Doha) 아시안 게임에서 남자선수 Sultan Abdulmajeed Alhabashi(KZA)는 21.13 m의 기록으로 세계기록에 근접한 경기력을 보여주고 있는 반면에, 국내 한국 기록은 황인성 선수가 지난 2010년 18.86 m로 한국 신기록을 수립하였지만, 아시아 기록과 세계기록과는 많은 차이를 보이고 있어, 국내 선수들의 경기력 향상을 위한 많은 연구가 이루어져야 한다. 이 연구는 황인성 선수가 지난 2010년 한국 신기록 수립과 4번의 실패 시기에서 보여준 글라이드와 딜리버리 동작의 운동학적 변인을 분석하여, 세계 우수선수들과의 차이를 비교하여 기술훈련을 위한 방향을 제공하는데 있다.

포환던지기에서 글라이드는 신체의 수평속도를 순간적으로 가속시켜 신체의 운동량을 증가시킨 후, 전환동작에서는 무릎을 폭발적으로 신전시킴과 동시에 허리 비틀림의 탄성을 이용하여 상체를 전방으로 밀어내면서 팔을 뻗는 연속적인 동작으로 이루어져야 한다(Lee, 2002).

즉 글라이드 소요시간은 최대한 짧게 하면서 신체의 수평속

도를 얻어, 최대 수평 가속도를 낼 수 있도록 글라이드 거리를 유지하는 것이 바람직하고, 글라이드 자세는 감속도가 발생하지 않도록 글라이드 시간이 짧은 것이 유리한 것으로 보고되고 있다(Oh, 2001). 이와 관련해 글라이드 거리를 살펴보면, Oh(2001)의 연구에서는 평균 1.01 m의 길이를, Jeong(2004)의 연구에서 우수선수와 비우수선수의 글라이드 길이는 1.01 m와 1.11 m로 우수선수의 글라이드 길이가 긴 것으로 보고하였고, Lee(2002)에 의하면, 글라이드 길이(glide length)가 1.04 m, 스탠스 길이(winder completion phase stance)가 0.98 m인 것과 비교 할 때, 이 연구에서는 글라이드 길이가 평균  $0.77 \pm 0.05$  m, 스탠스 길이가 평균  $1.19 \pm 0.02$  m로 선행연구보다 짧은 글라이드 길이와 스탠스 길이가 긴 특성을 보였다. 특히 최고 기록인 3차 시기에 있어서는 성공시기와 실패 시기와 달리 0.75 m와 1.19 m에서 최고 기록을 보이면서 선행연구보다 짧은 글라이드와 긴 스탠스를 보였다.

이처럼 선행연구와 달리 이 연구에서 글라이드 길이와 스탠스 길이에서 차이를 보이는 것은 글라이드 기술(glide technique)에서의 차이로 볼 수 있다. Alexander et al.(1996), Turk(1997), Bartonietz & Borgstöm(1995), Hay(1993), Bartonietz & Felder(1993), Dunn(1989)에 의하면, 글라이드 기술에 따라 오른발(RFTD)이 센터 라인(1.05 m) 전에 착지하는 짧은 글라이드 길이와 긴 스탠스 길이의 short-long technique과 오른발이 센터 라인(1.05 m)을 넘어서 착지하는 긴 글라이드 길이와 짧은 스탠스 길이의 long-short technique로 구분되는데, 개인 특성에 맞는 기술을 사용하는 것이 최적의 기술로 보고 있다. Alexander et al.(1996)에 의하면, 체력이 다소 약한 선수들에 있어서는 long-short technique이 유리하고, short-long technique은 근력과 파워를 가지고 있는 선수들에게 유리한 기술로 제시하고 있다(Dunn, 1989). 또한 Hay(1993)는 신장과 관련하여 신장이 긴 선수들에 있어서는 short-long technique이 유리하지만, 신장이 작은 선수들에 있어서는 long-short technique이 유리한 것으로 나타내고 있는데, 이 연구에서 분석된 선수는 신장이 1.91 m로, 2009 베를린 세계 육상선수권대회 은메달과 2008 베이징 올림픽 금메달인 토마시 마예브스키(21.91 m, 21.51 m)는 2.04 m의 신장과 비교 할 때 다소 작은 특성을 보이고 있다. 그리고 2007 오사카 세계 육상선수권대회 우승자 리스 호파(Reese Hoffa, USA)는 신장이 작은 1.80 m, 은메달인 아담 넬슨(Adam Nelson)은 1.83 m로 황인성 선수보다 작은 신장이지만, 황인성 선수는 글라이드 기술이고, 리스 호파와 아담 넬슨은 턴 기술을 사용하기 때문에 비교의 대상이 될 수 없지만, 상대적으로 신장이 긴 황인성 선수는 Hay(1993)가 제시한 것처럼 short-long technique이 적합한 것으로 판단된다.

그러나 포환던지기는 글라이드 국면과 딜리버리 국면의 연속동작을 통해 릴리즈 순간의 투사높이, 투사각, 그리고 투사속

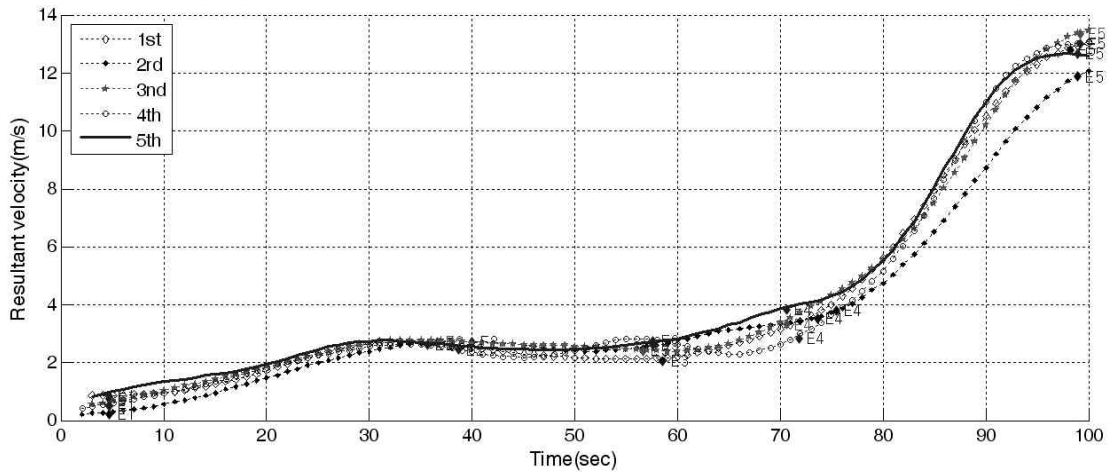


Figure 3. Change of resultant velocity

도가 중요한 요인으로 작용(Ariel et al., 2004; Hay, 1993; Hubbard et al., 2001; Luthanen, 1998; Maheras, 1995)하는데, Ariel et al.(2004), Luthanen(1998), Tsirakos et al.(1995)에 의하면, 세계 국제 경기에서의 메달권 획득을 위해서는 남녀 모두 21 m에서 13.5 m/s 이상의 투사속도가 필요하고, 19 m 기록은 13 m/s의 속도가 필요한 것으로 보고하였는데, 이 연구에 나타난 투사속도를 보면, 평균  $12.74 \pm 0.64$  m/s로 선행연구보다 낮은 속도를 보임에 따라 19 m의 기록에 미치지 못하는 것으로 나타났다. 특히 최고 기록의 3차 시기는 13.24 m/s로 가장 빠른 속도를 보였지만, 18.86 m로 투사속도에 비해 기록이 짧은 특성을 보여, 세계 우수선수들에 비해 근력과 파워가 다소 낮은 것을 볼 수 있다. 이는 Alexander et al.(1996)가 보고한 것처럼 long-short technique이 유리한 것으로 보여주지만, 황인성 선수에게는 신장보다 체력적 요인의 강한 근력과 파워 향상이 경기력 향상에 보다 유리한 것으로 판단된다.

전환국면에서의 특성을 보면, 전환국면은 오른발 착지(RFTD)에서 왼발 착지(FFTD)까지로, 연구자들은 전환국면의 중요성을 강조하고 있다(Schmolinsky, 2000; Stepanek, 1990). 글라이드 국면에서 포환 속도는 최대 2.0-4.0 m/s의 속도를 보이지만, 오른발 착지에서는 1.5-3.5 m/s로 감속되고, 오른발 착지 후 전환국면에서는 점진적인 가속도(약 4 m/s)를 보인다. 이후 릴리즈 이전까지 속도가 급격히 증가된다(McCoy, 1992a, 1992b; McCoy et al., 1989).

특히 Bosen(1985)에 의하면, 글라이드 기술을 사용하는 선수들은 빠른 착지 동작으로 시간을 짧게 하여 신체중심의 감속을 최소화하고, 릴리버리 동작으로 에너지를 전달할 수 있는 특성을 가지고 있지만, 비우수선수들의 경우는 전환국면 동안 1-2.75 m/s의 감속을 보인다(Lanka, 2000; Lindsay, 1994; Stepanek, 1990; Tsirakos et al., 1995).

포환의 속도변화를 나타낸 <Figure 3>에 의하면 글라이드 국면과 전환국면에 있어서는 선행연구와 같이 오른발 착지에서 감속도를 보였고, 전환 국면에서 속도가 증가하면서 릴리즈 국면에서는 급격히 속도가 증가되는 특성을 보이고 있다. 따라서 오른발 착지에서 감속도를 줄이기 위해서는 신체중심의 수직변화 보다 빠른 수평이동을 함으로서 감속도를 줄일 수 있고, 릴리즈 순간 포환의 투사속도를 높일 수 있는 궤적 길이를 길게 하는 유리한 이점이 있다.

또한 전환국면에서 스탠스 길이는 글라이드 기술에 따라 long-short technique은 스탠스 길이가 짧기(<1.0 m) 때문에 왼쪽 무릎이 긴 시간 굴곡된 자세를 보임에 따라 릴리즈 국면에서 하지로부터 힘을 크게 발휘 할 수 있지만, 자세의 균형과 안정성이 떨어진다. 반면에 오른쪽 다리의 강한 근력을 이용하는 shorter-long technique은 스탠스 길이(1.0-1.2 m)가 길어 오른쪽 다리에 의해 큰 힘을 발휘하지만, 릴리즈 국면에서 포환 이동 궤적이 벗어남에 따라 운동량 전이가 작아져 릴리즈 순간 투사속도가 줄어들 수 있다(Lanka, 2000).

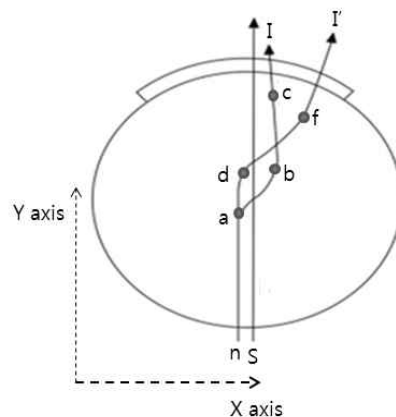


Figure 4. Shot trajectories type in X-Y plane



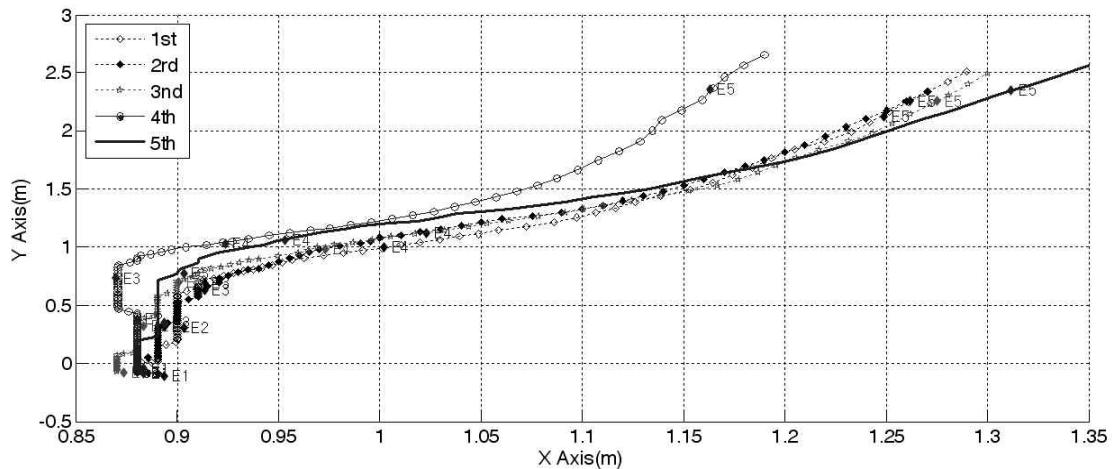


Figure 5. Shot trajectories in the X-Y plane

투사속도에 영향을 주는 요인은 릴리즈 국면에서 몸통의 회전속도와 팔의 신전력에 의해 결정되는데, 잘못된 몸통 회전은 포환의 이동궤적을 중심축에서 벗어나게 한다(Knudson, 1989; Lanka, 2000; Young, 2009; Zatsiorsky, 2000). 이와 관련해 포환의 이동궤적을 살펴보면, <Figure 4>는 X-Y축 수평면에서 볼의 이동궤적(Young, 2009)을 나타낸 것이다.

"n-a-b-c-I"는 우수선수들의 이동궤적으로 S-모양의 궤적 형태이고, "n-a-d-f-I"는 비우수선수들의 이동궤적을 나타낸 경로이다. 그리고 "S"는 달리버리 국면 동안 경기력이 낮은 초보선수들의 직선 이동궤적으로 어깨가 왼쪽으로 지나치게 기울어진 자세에서 동작을 수행할 때 나타나는 특성이다.

우수선수들("n-a-b-c-I")의 경우 포환이 목(neck) 옆 부분에 위치하고, 포환이 APSS(Athlete-plus-shot-system)의 수직 중심 축에 놓여져 있지 않기 때문에 달리버리 초기에 어깨가 회전함에 따라 직선으로부터 벗어나고, 릴리즈의 최고점에 달해서는 직선에 근접하는 S-모양의 궤적형태를 보인다(Knudson, 1989; Lindsay, 1994; Young, 2009; Zatsiorsky, 2000).

이 연구에 나타난 <Figure 5>의 결과에 의하면, <Figure 4>에 제시된 "n-a-d-f-I" 형태의 궤적과 유사한 변화를 보이고 있어 효율적인 달리버리 동작을 수행하지 못하는 것으로 나타났고, 이는 중심축으로부터 포환까지의 회전반경이 작고, 직선 궤적으로부터 포환이 멀어지기 때문에 릴리즈 순간의 합성속도를 얻지 못하는 것으로 볼 수 있다.

따라서 포환의 운동 반경이 크면 근육에 많은 부하를 주지만, 경기력 향상을 위해 몸통과 팔의 근력 그리고 대퇴 근육을 강화시키는 것이 무엇보다 중요하다(Bartonietz & Borgstöm, 1995; Lanka, 2000; Maltseva, 1990; Young, 2009; Zatsiorsky, 2000).

릴리즈 순간의 투사속도에 영향을 주는 몸통 회전 즉, 어깨 회전의 움직임은 보면, 오른발 착지에서는 평균  $16.8 \pm 1.50^\circ$ 의 내측회전된 자세각을 보였지만, 왼발 착지에서는 평균  $48.1 \pm 13.02^\circ$

로 회전의 움직임이 크게 증가하였다. 그러나 최고 기록인 3차 시기에서는  $37.6^\circ$ 로 1차와 2차, 그리고 실패 시기보다 작은 회전을 보는데, 이는 릴리즈 국면에서의 회전운동을 크게 하여 릴리즈 순간의 투사속도에 영향을 준 것으로 볼 수 있다. 또한 상체기울기의 특성을 보면, 왼발 착지에서는 평균  $-28.0 \pm 2.08^\circ$ 의 전경자세를 보였지만, 릴리즈 순간에 있어서는 평균  $3.2 \pm 3.08^\circ$ 로 후경자세를 보였는데, 최고기록의 3차 시기에서는  $7.9^\circ$ 의 후경자세로 1차와 2차 시기, 그리고 실패 시기보다 큰 회전운동으로 투사속도에 영향을 준 것으로 볼 수 있다.

기록에 직접적으로 영향을 주는 요인 중 투사 높이를 살펴보면, 투사높이는 신장과 상지장의 길이가 기록에 크게 기여하는 것으로 보고하고 있다(Alexander et al., 1996; Hay, 1993; Pyka et al., 1991). Ariel et al.(2004), Alexander et al.(1996), Tsirakos et al.(1995), McCoy et al.(1989)에 의하면 엘리트 선수들의 경우 2.0-2.2 m에서 릴리즈가 이루어지는 것으로 나타났고, 2007 오사카 세계 육상선수권대회 메달리스트를 분석한 Byun et al.(2008)의 연구에서는 기록이 21.0 m 이상인 선수들의 경우 2.30 m 이상의 높이에서 릴리즈 동작이 이루어졌는데, 이 연구에서는 평균  $2.24 \pm 0.05$  m로, Byun et al.(2008)의 연구보다 낮은 투사높이를 보였다.

최고 기록인 3차 시기에서도 2.22 m로 선행연구와 유사한 높이를 보였지만, 실패한 4차 시기에서는 2.32 m로 선행연구보다 높은 위치에서 릴리즈를 보였다.

릴리즈 순간 신체중심의 높이를 보면, 평균  $1.15 \pm 0.02$  m로 성공한 시기에서는 1.14 m로 다소 낮은 높이를 보였지만, 실패 시기에서는 각각 1.17 m와 1.18 m의 높은 자세를 보였는데, 이는 리버스(reverse) 동작에서 높은 신체중심에 의해 무게중심을 잡지 못하여 썩을 밖으로 나간 것으로 볼 수 있다. 또한 릴리즈 순간 왼쪽 무릎각을 보면, 성공 시기에 있어서는 약  $170^\circ$ 로 신전된 자세를 보였지만, 실패 시기에 있어서는  $167.3^\circ$ 와  $163.8^\circ$ 로

성공시기보다 굴곡된 자세각을 보여 왼쪽다리의 breaking force를 얻지 못하여 리버스(reverse) 동작에서의 중심을 잃은 것으로 볼 수 있다.

투사거리에 직접적인 영향을 주는 투사각을 보면 투사각은 투사속도보다 거리에 미치는 영향은 작지만, 엘리트 선수들의 경우 12.5-14.5 m/s의 투사 속도에서 19-23 m의 기록을 나타내는데 필요한 투사각은 약 37°이다(Ariel et al., 2004; Bartonietz & Felder, 1993; McCoy et al., 1989; Tsirakos et al., 1995). 이는 몸통과 던지는 팔의 위치에 의해 영향을 받는데, 시상면에서 몸통의 기울기, 던지는 팔의 신전각이 릴리즈 각에 큰 영향을 주는 것으로 보고하고 있다. 이 연구에 나타난 성공과 실패시기의 투사각을 보면, 평균 32.7±1.57°로 선행연구보다 작은 투사각을 보여, 몸통과 던지는 팔, 그리고 하지의 강한 근과워가 상대적 작은 것으로 볼 수 있다.

특히 글라이드 기술 중 short-long technique은 강한 근력과 파워를 가지고 있는 선수들에게 유리한 기술로 제시하고 있지만, 황인성 선수에게 있어서는 long-short technique보다 short-long technique이 적합한 글라이드 기술로 볼 수 있다. 그러나 포환의 궤적변화에서 나타났듯이, 포환의 궤적이 APSS(athletic-plus-shot system)의 중심 축(central axis)을 크게 벗어나는 동작을 보임에 따라 달리버리 동작에서 몸통의 회전운동과 지면을 미는 하지와 팔을 뻗는 상지의 강한 근과워와 근력의 향상을 위한 트레이닝이 요구되는 것으로 보여진다.

## V. 결론

이 연구는 국내 남자 포환던지기 국가대표 선수를 대상으로 성공과 실패 시 글라이드 동작과 달리버리 동작에 대한 운동학적 차이를 찾는데 있다. 이를 위해 국가대표인 황인성 선수를 대상으로 지난 2010년 전국체전 경기에서 한국 신기록과 1차 시기와 2차 시기, 그리고 실패한 4차와 5차 시기에 대한 동작을 분석하였다. 영상분석을 위해 비디오카메라 3대를 이용하여 촬영하였으며, Kwon3D 3.1 프로그램을 이용하여 각 관절 점의 위치좌표를 얻었다. 산출된 위치좌표는 Matlab R2009a를 사용하여 운동학적 자료를 계산하였고, 다음과 같은 결론을 얻었다.

글라이드 길이와 스탠스 길이를 분석한 결과, 글라이드 유형은 short-long technique이 적합한 것으로 나타났지만, 포환의 궤적을 분석한 결과, 세계 엘리트 선수들의 S 모형과 달리 볼의 궤적이 중심축에서 벗어나는 유형을 보였다. 특히, 성공 시기와 달리 실패 시기에 있어서는 왼쪽 무릎각이 성공시기보다 굴곡된 자세를 보였지만, 신체중심이 높은 특성을 보임에 따라 왼발에서의 breaking force를 얻지 못하여 신체중심의 안정성이 낮

은 것으로 나타났다. 뿐만 아니라 전반적으로 낮은 투사각을 보임에 따라 몸통과, 던지는 팔, 그리고 하지의 강한 근과워가 요구되는 것으로 나타났다.

## 참고문헌

- Alexander, M. J., Lindner, K. J., & Whalen, M.(1996). Structural and biomechanical factors differentiating between male and female shot put athletes. *Journal of Human Movement Studies*, 30, 103-146.
- Ariel, G., Penny, A., Probe, J., Buijs, R., Simonsen, E., Finch, A., & Judge, L.(2004). *Biomechanical Analysis of the Shot-Put Event at the 2004 Athens Olympic Games*. Retrieved February 19, 2005 from <http://www.arielnet.com/start/apas/studies/shotfinal.pdf>.
- Bartonietz, K., & Borgstöm, A.(1995). The throwing events at the World Championships in Athletics 1995, Goteborg - Technique of the world's best athletes. Part 1: shot put and hammer throw. *New Studies in Athletics*, 10(4), 43-63.
- Bartonietz, K., & Felder, H.(1993). *Shot Put Women Final: Express Report*.(Unpublished technical report from the 1993 IAAF World Championships). Rheinland-Pfalz, Germany: Olympiastützpunkt.
- Bosen, K. O.(1985). A comparative study between the conventional and rotational techniques of shot put. *Track & Field Quarterly Review*, 85(1), 7-11.
- Byun, K. O., Fujii, H., Murakami, M., Endo, K., Takesako, H., Gomi, K., & Tauchi, K.(2008). A biomechanical analysis of the men's shot put at the 2007 World Championships in Athletics. *New Studies in Athletics*, 2, 53-62.
- Dunn, G. J.(1989). The Shot Put. In V. Gambetta(Ed.). *The Athletic Congress's Track and Field Coaching Manual*, 153-165, Champaign, IL: Leisure Press.
- Hay, J. G.(1993). *The Biomechanics of Sports Techniques*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Hubbard, M.(1988). The Throwing Events in Track and Field. In C.L Vaughan(Ed.), *The Biomechanics of Sport*, 213-238, Boca Raton, FL: CRC Press.
- Hubbard, M., de Mestre, N. J., & Scott, J.(2001). Dependence of release variables in the shot put. *Journal of Biomechanics*, 34, 449-456.

- Jeong, B. Y.(2004). Kinematic analysis of the shot putting Motion. *The Korean Journal of School Physical Education*, 9(2), 273-284.
- Kim, J. I.(2003). *The Kinematic Analysis of Transition and Delivery Phase in Skill Motion of the Shot Put*. Unpublished manuscript, Korea National Sport University, Korea.
- Kim, T. E.(1993). *An Experimental Research on the Tep of Glide in the Short-Put of the Records*. Unpublished manuscript, Korea National University of Education, Korea.
- Knudson, L. E.(1989). A biomechanical analysis of power vs. speed techniques in shot putting. *Athletics Science Journal*, 1(4), 1-20.
- Korea Associational of Athletics Federations(KAAF). (1987). *Athletics Game*. Spring issue.
- Lanka, J.(2000). *Shot Putting*. In V. Zatsiorsky (Ed.), *Biomechanics in Sport*. London: Blackwell Science Ltd.
- Lee, S. H.(2007). Techniques training of shot put throwing through peculiarity principles. *Korea Institute of Sports Science, Sports Science*, Winter issue, 34-42.
- Lee, J. H.(2002). Kinematic analysis of the shot-putting in the male national shot-putters. *The Korean Journal of School Physical Education*, 12(2), 85-92.
- Lindsay, M. R.(1994). A comparison of rotational and O'brien shot put techniques. *The Thrower*, 63, 12-17.
- Linthorne, N. P.(2001). Analysis of standing vertical jumps using a force platform. *American Journal of Physics*, 69(11), 1198-1204.
- Luhtanen, P., Blomqvist, M., & Vantinen, T.(1997). A comparison of two elite shot putters using the rotational shot put technique. *New Studies in Athletics*, 12(4) 25-33.
- Luthanen, P.(1998). *A Preliminary Study of Rotational Shot Put Technique*. XVIth Symposium of the International Society of Biomechanics in Sports, Kostanz, Germany, ISBS.
- Maheras, A. V.(1995). *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*. Unpublished doctoral dissertation, Lawrence, KS, University of Kansas.
- Maltseva, N.(1990). Fundamentals of throwing. *Legkaya Atletika*, (10), 18-19.
- McCoy, R. W.(1992a). *Biomechanical Analysis of Ramona Pagel at the 1992 Mt. SAC Relays*(Unpublished technical report). Williamsburg, VA: The College of William and Mary.
- McCoy, R. W.(1992b). *Biomechanical Analysis of Ramona Pagel at the 1992 United States Olympic Trials*(Unpublished technical report). Williamsburg, VA: The College of William and Mary.
- McCoy, R. W., Koprowski, K., & Ogren, V.(1989). *Kinematic Analysis of the Women's Shotput*(Unpublished technical report). Williamsburg, VA: The College of William and Mary.
- Oh, J, W.(2001). Kinematic analysis of the body segment for the shot putting motion. *Journal of Sport and Leisure Studies*, 15, 567-580.
- Plagenhoef, S., Evans, G. F., & Abdelnour, T.(1983). Anatomical data for analyzing human motion. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 54(2), 169-178.
- Pyka, I., & Orlando, B.(1991). Rotational shot put. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 13(1), 6-9, 83-88.
- Schmolinsky, G.(2000). *The Shot Put*. In G. Schmolinsky (Ed.), *Track & Field*(335-348). Toronto: Sports Book Publisher.
- Stepanek, J.(1990). Findings of the IAAF biomechanical research concerning shot put. In G-P Bruggeman & J.K. Ruhl (Eds.), *Techniques in Athletics*, 625-628, Koln, Federal Republic of Germany: Deutsche Sporthochschule Koln.
- Susanka, P., & Stepanek, J.(1988). *Biomechanical Analysis of the Shot Put*. In Scientific Report on the Second IAAF World Championships in Athletics. Rome: H1-H77.
- Tsirakos, D. K., Barlett, R. M., & Kollias, I. A.(1995). A comparative study of the release and temporal characteristics of shot put. *Journal of Human Movement Studies*, 28, 227-242.
- Turk, M.(1997). Building a technical model for the shot put. *Track Coach*, 141, 4489-4499.
- Winter, D. A.(1990). *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*. New York: Wiley Inter-science.
- Young, M.(2009). *Development and Application of an Optimization Model for Elite Level Shot Putting*. Unpublished doctoral dissertation, Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College.
- Young, M., & Li, L.(2005a). Determination of critical parameters among elite female shot putters. *Sports Biomechanics*, 4(2), 131-148.
- Zatsiorsky, V. M.(2000). *Biomechanics in Sport*. Blackwell Science Ltd.