

## 한국 남자 창던지기 선수들의 순위별 창의 운동학적 특성

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

<sup>1</sup>한국체육대학교 체육과학연구소, <sup>2</sup>한국체육대학교 스포츠건강복지학부 스포츠건강관리, <sup>3</sup>한국체육대학교 모션이노베이션센터

### The Kinematic Characteristics of Javelin in Korean Male Javelin Throwers Following Rank

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

<sup>1</sup>Sports Science Institute, Korea National Sport University, Seoul, Korea

<sup>2</sup>Sport & Health Management Major, School of Sport Health & Welfare, Korea National Sport University, Seoul, Korea

<sup>3</sup>Motion Innovation Center, Korea National Sport University, Seoul, Korea

Received 27 March 2013; Received in revised form 14 May 2013; Accepted 4 June 2013

#### ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze the kinematic characteristics of javelin to compare the characteristics between world elite athletes and local male athletes. The subjects selected 9 athletes out of total 13 athletes recorded more than 65 m in the preliminary and main competition participated in the 93rd National Sports Festival held in 2012. Three-Dimensional motion analysis using a system of 4 video cameras(Sony HXR-MC2000) at a sampling frequency of 60 fields/s was performed for this study. The Kwon3D 3.1 was used to obtain the three dimensional coordinates about the top, grip, end of javelin. And the kinematic factors of javelin calculated using Matlab2009a program. The resultant speed of javelin that affects directly to the record of performance showed 26.08 m/s indicated lower speed of about 2-3 m/s than world elite athletes. The release point appeared to have been made at the high of 1.79±0.07 m of 99.8% of the height of the athletes. In terms of release angle, it was indicated average 33.0±3.81° lower release angle compared to the world elite athletes. The attitude angle(up & down tilt angle, X axis) related to javelin indicated average 38.5±4.96°, its related attack angle average 5.5±5.11°, and yaw angle(sideslip, side attack angle) average 15.7±8.48°.

*Keywords* : Javelin, Attitude, Release, Attack, Yaw

## I. 서 론

창던지기는 포환, 원반, 그리고 해머던지기과 같이 서클에서 이루어지는 투척 종목과 달리 도움닫기 주로를 이용하여 최대한 멀리 던지는 기록경기로서(대한육상경기연맹, 1998), 남자선수들의 경우 창의 길이가 2.6~2.7 m이고, 창의 무게가 800 g이기 때문에 원반(2 kg), 포환(7.257 kg),

그리고 해머(7.257 kg) 종목보다 가장 긴 비행거리를 던질 수 있는 종목이다(Park, 2012; Lee, Ryu, & Kim, 2009; Zatsiorsky, 2000). 이와 관련해 최근까지 세계 기록은 1996년 체코(Czech Republic)의 얀 젤레즈니(Jan Zelezny)가 세운 98.48 m이며, 아시아 기록은 1989년 일본(Japan)의 카즈히로 미조구치(Kazuhilo Mizoguchi)가 세운 87.60 m이지만, 현재 한국 최고기록은 박재명(Park Jae Myoung, Korea)이 2004뉴질랜드육상선수권대회에서 세운 83.99 m로 세계기록과 아시아기록과는 많은 차이를 보이고 있다.

그러나 최근 2011대구세계선수권대회에서 우승한 마티아스 데 초르도(Matthias de Zordo, Germany)는 86.27 m의 기록을 보였고, 2위한 안드레아스 토르킬센(Andreas Thorkildsen, Norway)이 84.78 m, 2012런던올림픽대회의

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부) 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2010-413-G00007).

Corresponding Author: Jae-Myoung Park

Sports Science Institute, Korea National Sport University, 88-15

Oryun-dong, Songpa-gu, Seoul, Korea

Tel : +82-2-410-6712 / Fax : +82-2-418-1877

E-mail: korea-jm85@hanmail.net

결선에서 기록이 77.15-84.58 m로 1위인 케손 월컷(Keshorn Walcott, Tobago)이 84.58 m, 2위는 올렉산드 피한티시아(Oleksandr Pyatnytsya, Ukrainian)가 84.51 m, 그리고 3위는 안티 루스카넨(Antti Ruuskanen)으로 84.2 m의 기록을 보인 것과 비교 할 때, 국내 선수들이 세계대회 결선 진출이나 메달권에 입상할 가능성이 높은 것을 볼 수 있다. 그러나 지난 2012년 정상진(Jeoung Sang Jin, Korea)이 시즌 최고기록과 동시에 자신의 최고기록인 82.05 m를 보였지만, 2012런던올림픽에서는 76.37 m로 자신의 최고기록에 못 미치는 기록으로 결선에 실패할 정도로 국내 선수들의 기록이 일관성 있는 모습을 보여주지 못하고 있는 것이 국내 선수들의 과제라 할 수 있다.

투사 거리에 영향을 주는 변인으로는 풍속, 공기 밀도, 창 의 특성, 창 의 진동, 체력, 체격, 지지발에서 파울 라인 까지의 거리, 도움닫기 속도와 릴리즈 구간에서 투사속도, 투사각도, 투사높이 그리고 던지기 자세와 같은 다양한 변인들이 복합적으로 작용하는 것으로 많은 선행연구에서 보고되고 있다(Chae, Yoon, Lim, Lee, & Kim, 2012; Kim, Ryu, & Lee, 2012; Young, 2007; Viistasalo, Mononen, & Norvapalo, 2003; Bartonietz, 2000; Maier, Wank, Bartonietz, & Blickhan, 2000; Morriss, Bartlett, & Fowler, 1997; Rich, Gregor, Whiting, & McCoy, 1986).

이처럼 다양한 요인들 중 체격적 측면(Kaufman, 1999; Rich et al., 1986)에 있어서는 신장과 팔의 길이, 그리고 체력적 측면(Park, 2012; Young, 2007; Zatsiorsky, 2000)은 도움닫기와 릴리즈 구간에서의 조정력, 순발력, 근력이 중요하게 작용하는 것으로 많은 선행연구들에서 보고되고 있지만, 창 의 비행거리는 도움닫기 속도와 릴리즈 구간에서의 기술적 측면에 의해 결정되는데(Mero, Komi, Kotjusz, Navarro, & Gregor, 1994; Bosen, 1985; Back, & Kim, 2001; Lee et al., 2009), 기술적 측면과 관련해 Viistasalo 등 (2003)과 Whiting, Gregor과 Halushka (1991), Hubbard 과 Always (1989)는 릴리즈 순간에 있어서 투사높이, 속도, 신체각과 창 의 자세각이 최적의 조건일 때 최대의 비행거리를 얻을 수 있으며, Park과 Yoon (2010)에 의하면, 기록차이에 따라 수평속도, 투사높이, 무릎각, 그리고 상체전경각이 기록에 큰 영향을 주는 것으로 보고하고 있다. 뿐만 아니라 창던지기의 효율적인 자세는 릴리즈 순간 지면을 지지하고 있는 다리를 축으로 던지는 팔의 직선운동과 허리의 빠른 회전속도를 통하여 토크를 크게 함으로서 얻어진 운동량을 팔에 전달시켜야 하는데(Morriss, & Bartlett, 1996; Zatsiorsky, 2000), 국내 선수들의 경우 지지발 착지 시 리듬과 타이밍 그리고 일관성이 낮은 자세를 보여, 허리에서 발생된 토크를 이용하여 운동량(momentum)을 창에 전이 시키지 못하는 것으로 보고하고 있다(Lee, 2003).

특히 투사거리에 영향을 주는 기술적 요인 중 창 의 자세각과 관련된 특성을 보면, 창 의 릴리즈각(release angle), 자세각(attitude angle), 공격각(attack angle), 요 각(yaw or sideslip, side attack angle)과 같은 변인들이 중요한 요인으로 작용(Kim et al., 2012; Maier et al., 2000; Best, Bartlett, & Morriss, 1993; Bartlett, Muller, Lindinger, Brunner, & Morriss, 1996; Miller & Munro, 1983)하는 것으로 보고되고 있는데, 효율적인 릴리즈는 릴리즈각(release angle)과 자세각(attitude angle)이 0°의 공격각에서 기록이 좋은 것으로 보고하고 있다(Bartlett et al., 1996; Best et al., 1993; Mero et al., 1994; Morriss & Bartlett, 1996; Lee et al., 2009; Rich et al., 1986; Whiting et al., 1991).

특히 Maier 등 (2000)에 의하면 1-3°공격각에서 최대 거리를 얻는데 유리하게 작용하며, 엘리트 남자 선수들을 분석한 Mero 등 (1994)은 1°의 공격각을 보였고, 7회 아테네세계선수권대회 결선(Campos, Brizuela & Ramon, 2004)에서는 공격각이 평균 2.8°를, 2009베를린세계선수권대회 결선(International Association of Athletics Federation [IAAF], 2009)은 평균 3.1°의 공격각을 보였고, 13회 대구세계선수권대회 결선(Chae et al., 2012)에서는 공격각이 평균 2.7°를 보이면서 세계엘리트 선수들의 경우 자세각과 릴리즈각의 방향각이 유사한 공격각을 가지고 릴리즈 동작이 이루어지는 특성을 보여주고 있다. 뿐만 아니라 릴리즈 순간 창 의 비행과 관련된 Y축과 창 방향 사이의 편각을 나타내는 요 각(yaw angle)에 있어서도 요 각은 창에 진동을 발생시켜 비행 시 Robbins-Magnus 효과를 발생하게 하여 창 의 비행거리에 영향을 줄 뿐만 아니라 투사속도와의 관계에서도 5~10°일 때 선형적인 관계(Best, Bartlett, & Sawyer, 1995; Best, Bartlett, & Morriss, 1993)가 있고, Kim 등 (2012)의 연구에서도 기록이 좋은 선수들의 경우 약 6°에서 릴리즈가 이루어지면서, 기록과 요 각과의 선형적인 특성으로 기록에 직접적인 영향을 주는 요인으로 보고하고 있지만, 요 각의 크기에 따라 요 각이 클 경우 창 의 굽힘 현상을 유발하여 비행거리가 줄어들고(Maier et al., 2000), 반대로 -값의 요 각(negative yaw angle)은 창 의 장축에 대한 스핀(spin)으로 창에 마그누스 힘(magnus lift force)이 발생하여 창이 수직으로 상승하기 때문에 비행거리가 짧아지는 특성을 가지고 있어(Bartlett et al., 1996), 창 의 자세각이 경기력에 미치는 결과에 대해서는 많은 연구를 통해 공통적인 내용을 제시하고 있지만, 국내 남자선수들을 대상으로 창 의 자세각과 관련된 정량적인 자료는 실험상황과 특정 선수만을 대상으로 한 정성적 분석이 주를 이루어왔고, 실제 경기상황에서 모든 선수들을 대상으로 분석한(Kim et al., 2012)을 정량적 연구는 미흡한 실정에 있다.

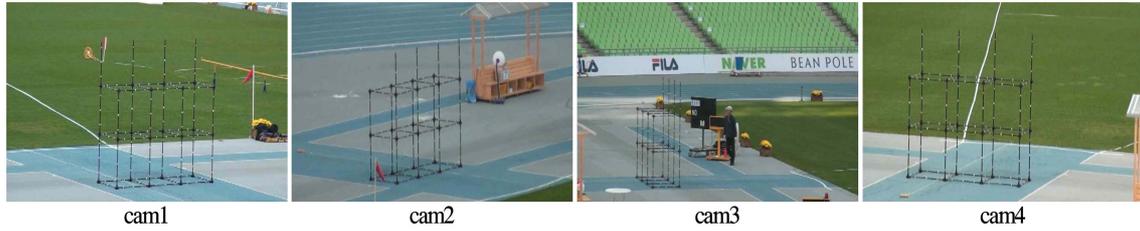


Figure 1. Setting of control object and camera

따라서 이 연구는 지난 2012년 제93회 전국체전에 참가한 일반부와 대학부 남자 총 13명의 선수 중 예선과 결선에서 65 m 이상을 기록한 선수 9명을 대상으로 릴리즈 순간의 투사높이, 투사속도, 그리고 투사각과 관련된 투사요인과 창 의 자세각, 공격각, 요 각과 관련된 운동학적 요인을 분석하여, 세계 엘리트 선수들과 국내 남자 선수들의 특성을 비교함으로써 도움닫기와 릴리즈 구간에서 나타나는 창 의 자세각과 관련된 기술적 측면의 특성을 분석하여 경기력 향상을 위한 자료로 제공하는데 있다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상자

이 연구는 2012년 제 93회 전국체전에 참가한 남자 창던지기 선수들 중 예선과 결선에서 65 m 이상을 기록한 9명을 대상으로 선정하였고, 영상분석은 각 선수들의 최고 기록을 분석하였다. 이들의 신체적 특성과 시기 별 기록은 <Table 1> 같다.

### 2. 실험 장비

본 연구에 사용된 실험장비와 분석 장비는 <Table 2>와

같이 촬영 장비와 영상분석 장비를 사용하였다.

### 3. 실험 절차

이 연구에서 분석된 영상은 2012년 제93회 전국체전 예선과 결선을 Sony HXR-MC2000 비디오 카메라 4대를 이용하여 촬영하였다. 영상분석에 필요한 공간 좌표를 얻기 위해 <Figure 1>과 같이 높이 3 m, 길이 9 m, 폭 3 m의 통제점 틀을 설치하였고, 비디오 카메라 영상은 60 fields/s로 촬영하였으며, 셔터스피드는 250 Hz로 설정하였다.

### 4. 자료처리 및 분석 변인

창 의 운동학적 특성을 분석하기 위해 Kwon3D 3.1 프로그램을 이용하여 창 의 머리점(top), 그립(grip), 끝점(end)의 세 점을 이용하여 릴리즈 순간의 투사속도와 투사높이를 산출하였으며, 창 의 각도 요인과 관련된 자세각(attitude angle), 릴리즈각(release angle), 그리고 공격각(attack angle), 좌우 기울기각(medial-lateral angle), 요 각(yaw angle)은 <Figure 2>와 <Table 3>과 같이 산출하였다.

창 의 자세각과 관련된 각도 요인은 Matlab2009a 프로그램을 이용해서 산출하였다. 이 연구에서 분석된 구간 <Figure 3>은 크로스스텝에서 릴리즈까지 설정하였으며,

Table 1. Subject characteristics

	Height(m)	Body mass(kg)	Age(yrs.)	Career(yrs.)	Record(m)	Official Record(m)
S1	1.81	99	32	18	83.99	78.60
S2	1.88	105	29	17	82.05	76.63
S3	1.78	82	24	10	74.64	74.64
S4	1.74	93	35	22	76.80	71.13
S5	1.82	100	27	12	74.27	70.42
S6	1.76	95	27	15	73.66	69.41
S7	1.81	88	24	11	70.28	67.17
S8	1.74	76	23	10	69.55	66.48
S9	1.82	86	23	7	67.53	65.09
M±SD	1.80±0.05	91.6±9.34	27.1±4.23	13.6±4.77		

Table 2. Experimental equipments

Equipment	Product	Manufacturer
Photograph instrument	Sony HXR-MC2000 Control Object (3 m×3 m×9 m)	Sony Ins. VISOL Ins.
Analysis instrument	Kwon3D Version 3.1 Matlab R2009a	VISOL Ins. Matworks ins.

Table 3. Angle definition

Parameter	Unit	Factor	Definition
$Z(0)$	m	Height of release	Height between ground and the javelin's grip at the instant of release
$V^k(0)$	m/s	Release velocity	Velocity of the javelin's grip
$A^k(0)$	deg.	Attitude angle	Angle of up and down tilt of javelin(X axis)
$r^k(0)$	deg.	Release angle	Angle of velocity vector at the instant of release
$\alpha^k(0)$	deg.	Attack angle	Angle between $A^k(0)$ and $r^k(0)$
$\beta^k(0)$	deg.	Yaw angle	Angle between $V^k(0)$ and $J^k(0)$
$J^k(0)$	deg.	Medial-lateral angle	Angle of medial and lateral tilt of javelin(Y axis)

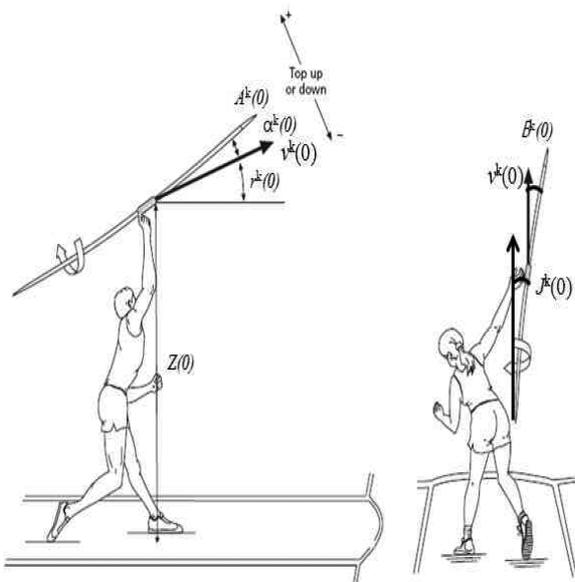


Figure 2. Angle definition(Zatsiorsky, 2000)

E1은 크로스스텝 시작점, E2는 크로스스텝 착지, E3는 지지발 착지, 그리고 E4는 릴리즈로 설정하였다.



Figure 3. Event set up

### III. 결 과

#### 1. 창 의 투사요인

<Table 4>는 릴리즈 순간 창 의 투사높이와 신장비(%), 그리고 투사속도를 나타낸 것이다.

릴리즈 순간의 투사높이를 보면, 평균 1.79±0.07 m의 높이에서 창이 투사되는 것으로 나타났고, 피험자 S4가 가장 높은 자세를 보인 반면에 피험자 S8의 경우 1.67 m로 가장 낮은 자세에서 창이 투사되는 특성을 보였다. 투사높이와 신장과의 비율을 나타낸 특성을 보면, 평균 99.8±4.45%로 평균 신장(1.80 m) 보다 낮은 자세에서 릴리즈가 이루어지는 것으로 나타났고, 자신의 신장 높이에서 릴리즈가 이루어지는 피험자는 S1, S3, S5, S6로 나타났지만, 피험자 S4는 가장 큰 109.8%로 신장(1.74 m)에 비해 높은 자세를 보인 반면에 피험자 S2는 신장(1.88 m)에 비해 95.2%의 낮은 자세에서 릴리즈가 이루어지는 특성을 보였다.

기록에 직접적인 영향을 주는 릴리즈 순간의 투사속도와 관련된 특성을 보면, 수평속도의 경우 평균 20.09±1.85 m/s

Table 4. Factors of javelin at the instant of release

	Height		Velocity(m/s)		
	(m)	(%)	V <sub>H</sub>	V <sub>V</sub>	V <sub>R</sub>
S1	1.83	101.1	22.74	13.64	26.52
S2	1.79	95.2	20.32	16.35	26.08
S3	1.79	100.6	22.57	11.97	25.55
S4	1.91	109.8	21.03	13.72	25.11
S5	1.85	101.6	20.87	10.75	23.48
S6	1.76	100.0	18.30	13.55	22.77
S7	1.74	96.1	18.38	12.87	22.44
S8	1.67	96.0	18.22	12.58	22.14
S9	1.78	97.8	18.39	11.78	21.84
M	1.79	99.8	20.09	13.02	23.99
SD	0.07	4.45	1.85	1.59	1.82

V<sub>H</sub>: Horizontal, V<sub>V</sub>: Vertical, V<sub>R</sub>: Resultant

를 보였고, 수직속도는 평균 13.02±1.59 m/s의 속도에서 릴리즈가 이루어지는 특성을 보였다. 기록이 가장 좋은 피험자 S1의 경우 합성속도가 26.52 m/s를 보인 반면에 피험자 B의 경우 수평속도보다 수직속도가 큰 16.35 m/s로 그에 따른 합성속도가 26.08 m/s에서 릴리즈가 이루어지는 특성을 보였다.

## 2. 창 의 자세각

<Table 5>은 Event별 창 의 상하기울기(up & down tilt angle, X axis)와 좌우기울기(medial & lateral tilt angle)

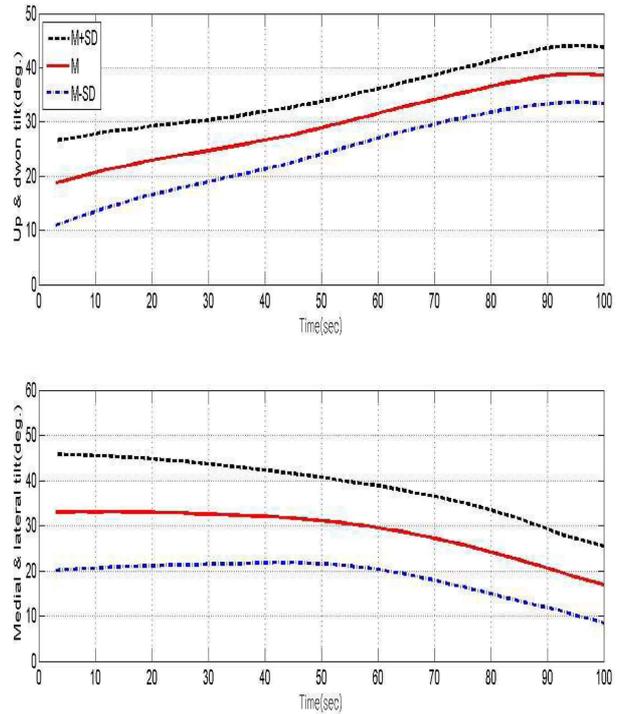


Figure 4. Attitude angle of javelin

에 대한 자세각을 나타낸 것이며, <Figure 4>는 전후기울기와 좌우기울기에 대한 양상별 변화를 꺾적으로 나타낸 것이다.

창 의 자세각과 관련하여 시상면(X axis)에서 바라본 상하기울기각을 Event별로 살펴보면 피험자 간에 많은 편차를 보이면서 크로스스텝 시작의 착지점(E1)은 평균 19.3±9.85°의 기울기각에서 착지되는 것으로 나타났고, 피험자 S2가 가장 큰 40.7°로 가장 큰 기울기를 보였고, 피험자

Table 5. Attitude angle of javelin to event

	E1		E2		E3		E4	
	X axis	Y axis						
S1	22.4	19.5	29.4	19.2	33.2	12.6	35.2	8.5
S2	40.7	53.2	36.1	36.2	40.3	21.5	39.7	13.8
S3	11.1	30.4	24.4	28.3	36.3	19.5	38.8	16.8
S4	16.4	17.5	25.3	20.8	34.4	9.6	33.4	6.3
S5	14.8	18.5	24.0	17.8	29.3	13.6	32.3	10.2
S6	23.5	48.7	34.6	37.4	38.7	27.9	37.5	24.9
S7	23.7	38.7	34.1	39.7	41.9	31.6	44.6	26.5
S8	14.4	33.1	28.3	33.4	37.9	26.3	37.8	14.4
S9	6.98	36.5	34.7	41.9	46.0	36.1	47.5	30.3
M	19.3	32.9	30.1	30.5	37.6	22.1	38.5	16.9
SD	9.85	12.94	4.87	9.29	4.97	9.11	4.96	8.51

S3는 11.1°로 가장 작은 기울기에서 착지되는 특성을 보였다. 크로스스텝의 착지점(E2)에서는 E1보다 큰 평균 30.1±4.87°의 기울각을 보였으며, 피험자 S2가 36.1°로 가장 크게 나타났고, 피험자 S5가 24.0°로 가장 작은 기울기각을 보였다.

지지발 착지(E3)에서도 평균 37.6±4.97°로 기울기각이 커지면서 S9의 경우 46.0°로 가장 큰 자세각을 보인 반면에 피험자 S5의 경우 29.3°, 기록이 가장 좋은 피험자 S1은 33.2°의 자세각으로 착지되는 특성을 보였다. 릴리즈 순간(E4)에 있어서도 점진적으로 창의 기울기가 커진 자세를 보이면서 평균 38.5±4.96°에서 창의 투사되는 것으로 나타났고, 피험자 S9이 47.5°로 가장 큰 자세각을 보인 반면에 기록이 가장 좋은 피험자 S1은 35.2°의 자세각에서 투사되는 특성을 보였고, <Figure 4>에 나타난 상하기울기각의 궤적 변화를 보면 점진적으로 창의 상하기울기각이 커지면서 창의 수직으로 세워지는 특성을 보이고 있다.

전후축(Y axis)에서 분석된 창의 좌우기울기각에 있어서도 피험자 간에 많은 편차를 보이면서, 크로스 스텝 시작의 착지점(E1)은 평균 32.9°±12.94°로 우측으로 창의 기울어진 자세에서 착지되는 것으로 나타났고, 피험자 S2가 가장 큰 53.2°로 우측으로 크게 기울어진 자세각을 보인 반면, 피험자 S4는 17.5°로 가장 작은 기울기에서 착지되는 특성을 보였다. 크로스 스텝의 착지점(E2)에서는 E1보다 작은 평균 30.5±9.29°의 기울각을 보였으며, 피험자 S9가 41.9°로 가장 큰 자세각을 보였고, 피험자 S5가 17.8°로 가장 작은 자세각으로 착지되는 특성을 보였다. 지지발 착지(E3)에서는 평균 22.1±9.11°로 기울기각이 작아지면서 S9의 경우 36.1°로 가장 큰 자세각을 보인 반면에 피험자 S4의 경우 9.6°의 자세각에서 착지되는 특성을 보였다. 릴리즈 순간(E4)에 있어서도 점진적으로 창의 기울기각이 작은 자세로 평균 16.9±8.51°를 보이면서 피험자 S4가 가장 작은 6.3°를 보였고, 피험자 S1의 경우 8.5°의 자세각에서 창의 투사되는 특성을 보였다. <Figure 4>에 나타난 앙상블 궤적의 변화를 보면 점진적으로 창의 수직으로 세워지는 상하기울기각과 달리 창의 좌우기울기각이 작아지면서 점진적으로 수평축에 놓여지는 특성을 보이고 있다.

3. 창의 공격각과 요각

<Table 6>은 릴리즈 순간 창의 투사각(release angle), 공격각(attack angle)과 요 각(yaw angle)을 나타낸 것으로, 공격각은 상하기울기각(up & down tilt angle, X axis)의 자세각과 릴리즈각(release angle)과의 차이를 나타낸 것이며, 요 각은 좌우기울기각(medial & lateral tilt angle, Y axis)과 창의 속도벡터 사이의 편각을 나타낸 것이다.

릴리즈순간 투사각의 특성을 보면 평균 33.0±3.81°에서

Table 6. Release, attack and yaw angle (Unit: deg.)

	Release	Attack	Yaw
S1	31.0	4.2	22.4
S2	38.8	0.9	24.9
S3	27.9	10.9	11.1
S4	33.1	0.3	26.7
S5	27.3	5.0	14.7
S6	36.5	1.0	11.5
S7	35.0	9.6	8.4
S8	34.6	3.2	20.1
S9	32.6	14.9	1.13
M	33.0	5.5	15.7
SD	3.81	5.11	8.48

릴리즈가 이루어지는 특성을 보였고, 기록이 가장 좋은 피험자 S1이 31.0°를 보인 반면 피험자 S2와 S5는 수평속도보다 상대적으로 수직속도가 크게 나타나면서 38.8°와 36.5°로 다소 투사각이 큰 자세에서 릴리즈가 이루어지는 특성을 보였다. 릴리즈 순간 창의 공격각을 살펴보면, 피험자 간에 많은 편차를 보이면서 평균 5.5±5.11°로 피험자 S4, S2, S6가 각각 0.3°, 0.9°, 1.0°로 공격각이 작은 특성을 보인 반면에 피험자 S9의 경우 14.9°로 가장 큰 공격각으로 창의 투사되는 특성을 보였다. 좌우기울기각과 창의 속도벡터 사이의 편각을 나타낸 요 각에 있어서도 피험자 간에 많은 편차를 보이면서 평균 15.7±8.48°로 피험자 S9의 경우 공격각이 가장 큰 특성을 보인 것과 달리 요 각은 1.13°로 가장 작은 각도를 보였고, 피험자 S4, S2, S1의 경우 각각 26.7°, 24.9°, 22.4°로 다소 큰 요 각을 가지고 창의 투사되는 특성을 보였다.

IV. 논 의

창던지기의 최대 비행 거리를 얻기 위해서는 풍속, 공기 밀도, 창의 특성, 창의 진동, 체력적 요인, 체격적 요인, 지지발에서 파울 라인까지의 거리 뿐만 아니라 도움닫기 속도와 릴리즈 구간에서 투사속도, 투사각도, 투사높이 그리고 던지기 자세와 같은 기술적 측면과 관련된 여러 변인들의 상호작용에 의해 결정(Kim et al., 2012; Park, 2012; Lee et al., 2009; Viistasalo et al., 2003; Maier et al., 2000; Bartonietz, 2000; Morriss et al, 1997)되는데, 이 연구는 2012년 제93회 전국체전에 참가한 일반부와 대학부 남자 총 13명 중 예선과 결선에서 65 m 이상을 기록한 선수 9명을 대상으로 릴리즈 순간의 투사높이, 투사속도, 그리고 투사각과 관련된 투사요인과 창의 자세각, 공격각, 요 각과 관련된 운동학적 요인의 특성을 분석

하였다.

기록에 직접적인 영향을 주는 투사요인 중 투사높이의 특성을 보면, 창 의 높이는 자신의 신장보다 약 15-30 cm 높은 지점에서 릴리즈가 이루어져야 하고(Bartlett & Best, 1988; Miller & Munro, 1983), Kim 등 (2012)에 의하면 국내 여자 선수들을 대상으로 기록과 투사높이와 상관관계에서 기록이 좋을수록 릴리즈 순간의 투사점이 높은 정적관계를 보이면서 기록과 투사높이와의 관련성을 나타내고 있다. 지난 1995년 5회 스웨덴세계선수권대회 결선을 분석한 Morriss 등 (1997)에 의하면 78.16~89.06 m의 기록에서 창 의 높이가 1.81~2.06 m를 보였고, 7회 아테네세계선수권대회 결선을 분석한 연구(Campos et al., 2004)에서는 기록이 83.84~89.52 m에서 창 의 높이가 1.83~2.14 m, 11회 오사카세계선수권대회 결선(International Association of Athletics Federation[IAAF], 2007)에서 78.01~90.33 m의 기록에서는 평균 1.89 m의 높이를, 그리고 가장 최근 13회 대구세계선수권대회에서 메달리스트 3명을 분석한 결과에 의하면 84.30~86.27 m의 기록에서 창 의 높이가 평균 2.00 m로 신장비의 106.8%의 높은 자세에서 릴리즈가 이루어지는 특성을 보였다.

그러나 이 연구에서는 평균 1.79±0.07 m로 신장비의 99.8%로 세계엘리트 선수들보다 낮은 자세에서 릴리즈가 이루어지는 특성을 보였고, Chae 등 (2011)의 연구에서 국내선수(S2)를 분석한 결과에 의하면 72.03 m의 기록에서 1.76 m(93.6%)의 높이를 보였지만, 이 연구에서는 76.63 m의 기록에서 다소 높은 1.79 m(95.2%)를 보였지만, 상대적으로 세계선수들보다 낮은 자세를 보였다. 따라서 Chae 등 (2011), Kim 등 (2012), Lee 등 (2009), Park (2012), Young (2007), Viitasalo 등 (2003)의 연구자들이 보고한 것처럼, 릴리즈 순간 상지와 하지의 자세각에 따라 릴리즈 높이가 다르게 나타날 수 있지만, 국내선수들은 투사점을 높이기 위해서는 상대적으로 하지의 무릎 관절을 가능한 한 신전된 자세를 유지하면서 높은 신체중심과 몸의 아치(arch)를 크게 해야 하는 것으로 볼 수 있다.

기록에 가장 크게 영향을 주는 투사속도는 기록과 밀접한 관계를 나타내고 있는데, Kim 등 (2012)의 연구에서는  $r=0.866$ , Mero 등 (1994)은  $r=0.74$ ; 그리고 Viitasalo 등 (2003)의 연구에서는  $r=0.88$ 로 투사속도가 기록에 크게 기여하는 결과를 보여주고 있다(Best, Bartlett, & Morriss, 1993; Mero et al., 1994; Viitasalo et al., 2003; Young, 2007). 5회 스웨덴세계선수권대회 결선을 분석한 Morriss 등 (1997)에 의하면 78.16~89.06 m의 기록에서 28.2~30.2 m/s의 속도를 보였고, 7회 아테네세계선수권대회 결선을 분석한 연구(Campos et al., 2004)에서는 기록이 83.84~89.52 m에서 28.5~29.7 m/s, 2007년 11회 오사카세계선수권대회 결선(IAAF, 2007)에서 78.01~90.33 m의

기록에서는 28.2~29.9 m/s, 12회 베를린세계선수권대회(IAAF, 2009) 결선에서 기록이 81.32~88.95 m에서는 29.0~29.9 m/s, 그리고 최근 13회 대구세계육상선수권대회를 분석한 결과에 의하면 84.30~86.27 m의 기록에서 28.3~29.9 m/s를 보인 것과 비교 할 때, 이 연구에 나타난 결과에 의하면 수평속도가 평균 20.09±1.85 m/s를 보였고, 수직속도는 평균 13.02±1.59 m/s, 그에 따른 합성속도가 평균 26.08 m/s에서 릴리즈가 이루어지면서 기록이 좋을수록 속도가 큰 특성을 보였지만, 세계엘리트선수들보다 약 2-3 m/s의 속도차이를 보여주고 있다.

특히 11회 오사카세계선수권대회 결선에서 수직속도의 경우 14.9~18.8 m/s로 평균 15.7 m/s의 속도를 보였는데, 수평속도보다 상대적으로 수직속도가 클수록 기록이 좋은 것으로 나타났는데, 이 연구에서 수직속도가 평균 13.02 m/s를 보인 것과 비교할 때 많은 차이를 보였다. 기록이 가장 좋은 피험자 S1의 경우 수평속도보다 수직속도가 낮은 13.64 m/s를 보였지만, 76.63 m의 기록을 보인 피험자 S2의 경우 16.35 m/s로 세계엘리트선수들과 큰 차이를 보이지 않았지만, 상대적으로 수평속도가 작은 결과를 보여 기록이 낮은 것으로 볼 수 있다. 이처럼 투사속도에서 1 m/s의 차이는 2.25~3.68 m의 기록 차이가 발생(Viitasalo et al., 2003)하기 때문에, 국내선수들이 세계엘리트 선수들의 기록과 10 m 이상의 차이를 보여주고 있으며, 국내 선수들이 투사속도를 크게 하기 위해서는 하지에서 발생한 운동량을 아치(arch)형태에서 빠른 회전운동을 통해 팔에 운동량을 전달시키는 기술(Kim et al., 2012; Chae et al., 2011; Lee, 2003; Zatsiorsky, 2000; Morriss & Bartlett, 1996)이 요구되는 것으로 나타났다.

수평속도와 수직속도 성분에 의해 결정되는 투사요인 중 릴리즈각의 특성을 보면, 평균 33.0±3.81°로 수직속도보다 상대적으로 수평속도가 크게 작용한 것으로 나타났는데, 이는 7회 아테네세계선수권대회(Campos et al., 2004)의 평균 33.5°에 27.7°~40.1°의 투사범위, 12회 베를린세계선수권대회 결선(IAAF, 2009)에서 평균 34.5°의 30.0~42.0° 투사범위, 그리고 11회 오사카세계선수권대회 결선(IAAF, 2007)에서 평균 34.6°에 31.9~39.9°의 투사범위를 나타낸 것과 큰 차이를 보이지 않았지만, 5회 스웨덴세계선수권대회(Morriss et al., 1997)의 평균 38°에 36~42°의 투사범위와 13회 대구세계선수권대회(Chea et al., 2011)의 평균 38.4°에 35.7~40.3°의 투사범위보다 작은 릴리즈각으로 투사되는 특성을 보였다.

그러나 릴리즈 요인 중 창 각과 관련하여 좋은 기록을 내기 위한 효율적인 동작은 자세각과 릴리즈각 차이인 공격각이 작은 것이 유리한 것으로 보고(Kim et al., 2012; Park, 2012; Chae et al., 2011; Lee et al., 2009; Young, 2007; Maier et al., 2000; Mero et al., 1994)한 것과 달

리, Viitasalo 등 (2003)과 Kim 등 (2012)에 의하면, 공격각과 기록과의 관계가 낮은 관련성을 가지고 있는 것으로 보고한 상반된 연구결과도 있지만, 5회 스웨덴세계선수권대회 결선(Morriss et al., 1997)에서는 자세각이 평균 34.6°로 29~40°의 자세각을 보이면서 공격각이 -3.4°를 보인 반면, 7회 아테네세계선수권대회(Campos et al., 2004)에서는 평균 36.3°에 25.3~41.7°의 자세각에 공격각이 평균 2.8°를, 그리고 12회 베를린세계선수권대회(IAAF, 2009)에서는 평균 37.6°에 32.3~42.7°의 자세각으로 공격각이 평균 3.1°를, 13회 대구세계선수대회(Chae et al., 2011)에서는 자세각이 평균 36.6°에 35.7~40.3°의 자세각에서 공격각이 평균 2.7°를 보인 것과 비교할 때, 이 연구에 나타난 자세각을 보면 평균 38.5±4.96°로 나타났고, 그에 따른 공격각이 평균 5.5±5.11°로 세계엘리트 선수들보다 자세각과 공격각이 큰 자세에서 창이 투사되는 특성을 보였다.

공격각이 클 경우 창의 굽힘 현상으로 인해 투사거리가 짧아지는 것으로 Maier 등 (2000), Morriss 등 (1997), 그리고 Kim 등 (2012)이 보고하였는데, 국내 선수들이 창의 올바른 비행 궤적을 만들기 위해서는 결과적으로 창의 자세각을 작게 유지하는 것이 유리한 동작으로 볼 수 있다. 크로스스텝부터 릴리즈까지의 자세각을 보면, 크로스스텝 시작의 착지점(E1)은 평균 19.3±9.85°, 크로스스텝의 착지점(E2)에서는 평균 30.1±4.87°, 지지발 착지(E3)에서는 평균 37.6±4.97°, 그리고 릴리즈 순간(E4)에 있어서는 평균 38.5±4.96°로, <Figure 4>에 제시된 것처럼 피험자 간에 많은 편차를 보였지만, 점진적으로 자세각이 커지면서 창이 수직으로 세워지는 특성을 보였다. 특히 피험자 S2의 경우 크로스스텝 시작부터 큰 자세각을 보였고, S7과 S9의 경우는 지지발 착지에서 창이 수직으로 크게 세워지는 자세각을 보임에 따라, 릴리즈 순간의 공격각을 작게 하기 위해서는 크로스스텝부터 창의 자세각을 작게 유지하는 기술훈련의 필요성이 요구되는 것으로 나타났다.

뿐만 아니라 전후축을 기준으로 창의 좌우기울기각에 있어서도 피험자 간에 많은 편차를 보였지만, 크로스스텝 시작의 착지점(E1)은 평균 32.9±12.94°, 크로스스텝의 착지점(E2)에서는 평균 30.5±9.29°, 지지발 착지(E3)에서는 평균 22.1±9.11°, 그리고 릴리즈 순간(E4)에 있어서는 평균 16.9±8.51°의 자세각을 보이면서 창이 점진적으로 수직으로 세워지는 상하기울기각과 달리 창이 우측방향으로 크게 기울어진 자세에서 크로스스텝동작이 이루어진 후 릴리즈 동작에서는 점진적으로 수평축에 놓여지는 특성을 보였지만(Figure 4), 기록이 낮은 피험자 S6, S7, 그리고 S9의 경우 릴리즈 순간 창의 방향각이 24.9°, 26.5°, 30.3° 우측으로 기울어진 자세각을 보임에 따라 적절한 방향설정 정을 위해서는 창을 수평축에 가까운 자세를 만들어야 하는 것으로 나타났다.

특히 릴리즈 순간 창의 비행과 관련하여 경기장의 풍속(wind speed)과 창의 재질, 진동(vibration) 등과 같은 여러 요인의 공기역학(aerodynamics)의 특성이 고려되어야 하지만, Y축과 창 방향 사이의 편각을 나타내는 요 각의 특성을 살펴보면, 요 각은 창에 진동을 발생시켜 비행 시 Robbins-Magnus 효과를 발생하게 하여 창의 비행거리에 영향(Best, Bartlett, Sawyer, 1995; Best, Bartlett, & Morriss, 1993)을 줄 뿐만 아니라 릴리즈순간 약 10°의 요 각은 창의 장 축에 대한 회전운동을 만들어, 그에 따른 각 운동량을 발생시켜 최대 거리를 얻는데 유리하게 작용하며, 투사속도와와의 관계에서도 5~10°일 때 선형적인 관계가 있는 것으로 보고되고 있고, Kim 등 (2012)의 연구에서도 기록이 좋은 선수들의 경우 약 6°의 요 각에서 릴리즈가 이루어지는 특성을 보였고, 기록과 요 각과의 관계에서 선형적인 특성을 보임에 따라 기록에 직접적인 영향을 주는 요인으로 보고되고 있다. 그러나 큰 요 각은 릴리즈 후 창의 굽힘 현상을 유발하여 비행거리가 줄어들고(Maier et al., 2000), 반대로 -값의 요 각(negative yaw angle)은 창의 장축에 대한 스핀(spin)으로 창에 마그누스 힘(Magnus lift force)이 발생하여 수직으로 창을 띄우는 결과를 초래하여 비행거리가 짧아지는 특성을 가지고 있다(Bartlett et al., 1996).

이 연구에 나타난 국내선수들의 요 각에 대한 특성을 보면, 평균 15.7±8.48°로 Maier 등 (2000)이 제시한 5~10° 각도보다 큰 자세각을 보였고, 기록이 좋은 피험자 S1, S2, S4의 경우 각각 22.4°, 24.9°, 26.7°로 기록이 낮은 선수들보다 다소 큰 자세각에서 릴리즈 동작이 이루어지는 것으로 나타났다. Bartlett 등 (1996)의 연구에서 초보선수들의 경우는 평균 9.64°의 요 각을 보인 반면 우수선수들의 경우는 3.27°의 작은 요 각을 보였고, 5회 스웨덴세계육상선수권대회(Morriss et al., 1997)에서는 평균 7.0°에 1~14°의 자세각을 보였고, 메달리스트들의 경우는 평균 4°의 요 각에서 릴리즈가 이루어지는 특성을 보였다. 12회 베를린세계선수권대회(IAAF, 2009)에서는 평균 9.1°로 6.6~13.3°의 범위내에서 릴리즈가 이루어지는 것으로 나타났고, 메달리스트의 경우 평균 8.6°를 보인 것과 비교할 때, 국내 선수들의 자세각이 큰 특성을 보이면서 릴리즈 후 창의 굽힘 현상을 유발하여 비행거리를 짧게 하는 특성을 보였다(Maier et al., 2000). 따라서 이 연구에서 한국 남자 선수들의 경우 기록 향상을 위해서는 적절한 창의 자세각(상하기울기각, 좌우기울기각)을 유지하여 공격각과 요 각을 작게 하는 것으로 나타났다.

이상의 내용을 종합해보면, 도움닫기 속도, 릴리즈 구간에서 투사속도, 투사각도, 투사높이 그리고 던지기 자세와 같은 기술적 특성은 창의 비행 거리를 얻는데 중요하게 작용하지만, 여러 변인들 간 상호작용에 의해서 비행 거리가

결정되는 것으로 많은 선행연구에서 보고되어 왔다. 이 연구에서 한국 남자 선수들의 투사요인과 창 의 자세각과 관련된 요인을 분석한 결과에 의하면, 기록에 가장 크게 영향을 주는 투사속도는 세계엘리트 선수들보다 상대적으로 2~3 m/s 작고, 신장에 비해 낮은 자세에서 릴리즈가 이루어지는 특성을 보였다. 특히 창 의 자세각과 관련해 창 의 상하기울기각이 크게 나타나면서 그에 따른 공격각이 큰 특성을 보였고, 좌우기울기각에 있어서도 전후축에 가까운 자세를 보이지 않고 우측방향으로 기울어진 자세를 보임에 따라 창 의 비행경로에 영향을 주는 요 각이 전체적으로 - 값의 요 각(negative yaw angle)을 보이지는 않았지만, 상대적으로 큰 요 각을 보여 창 의 굽힘 현상을 초래하여 창 의 비행거리를 짧게 하는 것으로 나타났다. 따라서 국내 선수들의 경우 창 의 투사속도를 크게 하기 위한 파워적인 측면과 창 의 투사점을 높이기 위해 지지다리의 무릎각을 신전된 자세로 유지할 수 있는 하지 근력도 요구되지만, 창 의 적절한 자세각을 유지할 수 있는 일관된 자세의 기술적 측면이 필요한 것으로 생각된다.

## V. 결 론

이 연구는 지난 2012년 제93회 전국체전에 참가한 일반부와 대학부 남자 총 13명의 선수 중 예선과 결선에서 65 m 이상을 기록한 선수 9명을 대상으로 릴리즈 순간의 투사 높이, 투사속도, 그리고 투사각(release angle)과 관련된 투사요인과 창 의 자세각(상하기울기, up & down tilt angle, X axis), 공격각(attack angle), 좌우기울기각(medial & lateral tilt angle, Y axis), 요 각(yaw or sideslip, side attack angle)과 관련된 운동학적 요인을 분석하여, 세계 엘리트 선수들과 국내 남자 선수들의 특성을 비교함으로써 도움닫기와 릴리즈 구간에서 나타나는 창 의 자세각과 관련된 기술적 측면의 특성을 분석하여 경기력 향상을 위한 자료로 제공하는데 있다. 이를 위해 60 fields/s로 촬영되는 Sony HXR-MC2000 비디오 카메라 4대를 이용하여 촬영하였으며, 창 의 머리(top), 꼬리(end), 그리고 그립(grip)에 대한 3차원 좌표를 얻기 위해 Kwon3D 3.1을 프로그램을 이용하였다. 창 각과 관련된 자세각(상하기울기, X axis), 릴리즈각, 공격각, 좌우기울기각, 요 각은 Matlab2009a를 이용하여 산출한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

기록에 직접적인 영향을 주는 투사요인 중 투사속도가 평균 26.08 m/s를 보여 세계엘리트 선수들보다 약 2-3m/s의 작은 투사속도를 보였다. 투사높이에 있어서는 평균 1.79±0.07 m로 신장비의 99.8%의 높이에서 투사점이 이루어지는 것으로 나타났고, 세계엘리트 선수들보다 낮은 위치에서 릴리즈가 이루어지는 특성을 보였다. 투사각에 있어서는 세계엘리트 선수들보다 작은 평균 33.0±3.81°의 투

사각을 보였는데, 이는 속도 성분중 수직속도가 상대적으로 작은 특성을 보였다. 창 각과 관련된 자세각(상하기울기각)은 평균 38.5±4.96°로 나타났고, 그에 따른 공격각이 평균 5.5±5.11°, 그리고 요 각은 평균 15.7±8.48°로 세계 엘리트 선수들보다 자세각과 공격각, 그리고 요 각이 큰 자세에서 창 이 투사되는 특성을 보였다.

## 참고문헌

- Back, J. H., & Kim, J. P. (2001). The kinematical analysis of release phase in female javelin throwing players. *The Korean Journal of Physical Education*, 40(2), 853-860.
- Bartlett, R. M., & Best, R. J. (1988). The biomechanics of javelin throwing: a review. *Journal of Sports Science*, 6, 1-38.
- Bartlett, R. M., Muller, E., Lindinger, S., Brunner, F., & Morriss, C. (1996). Three-dimensional evaluation of the kinematic release parameters for javelin throwers of different skill levels. *Journal of Applied Biomechanics*, 12, 72-87.
- Bartoniets, K. (2000). *Javelin throwing: An approach to performance development*. Biomechanics in Sport, edited by Zatsiorsky, V, 404-434, London, Blackwell Science Ltd.
- Best, R. J., Bartlett, R. M., & Morriss, C. J. (1993). A three-dimensional analysis of javelin throwing technique. *Journal of Sports Science*, 11, 315-328.
- Best, R. J., Bartlett, R. M., & Sawyer, R. A. (1995). Optimal javelin release. *Journal of Applied Biomechanics*, 11, 371-394.
- Bosen, K. A. (1985). Javelin throw coaching. *Track & Field Quarterly Review*, 85(1), 29-30.
- Campos, J., Brizuela, G., & Ramon, V. (2004). Three-dimensional kinematic analysis of elite javelin throwers at the 1999 IAAF World Championships in Athletics. *New Studies in Athletics*, 19(21): 47-57
- Chae, W. S., Yoon, C. J., Lim, Y. T., Lee, H. S., & Kim, D. S. (2011). Three-dimensional comparison of selected kinematic between male medalists and korean male javelin thrower at IAAF World Championship, Daegu 2011. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 21(5), 653-660.
- Hubbard, M., & Always, L. W. (1989). Rapid and accurate estimation of release conditions in the javelin throw. *Journal of Biomechanics*, 22, 583-595.
- International Association of Athletics Federation(IAAF). (2007). Scientific Research Project Biomechanical Analyses at the Osaka 2007. Final Report(Throwing Events).
- International Association of Athletics Federation(IAAF). (2009). Scientific Research Project Biomechanical Analyses at the Berlin 2009. Final Report(Throwing Events).
- Kaufman, T. M. (1999). Weight room considerations for the throwing athlete. *Journal of Strength and Conditioning*, 21(4), 7-10.
- Kim, T. S., Ryu, J. S., & Lee, S. H. (2012). The relationship between the distance and release parameters in korean female javelin throwers. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 22(2), 131-140.
- Lee, S. H. (2003). Training and principle of javelin throwing. *Sports Science*, 3(84), 39-45.

- Lee, Y. S., Ryu, J. S., & Kim, T. S. (2009). Analysis of kinematic parameters between skilled and less skilled female javelin thrower. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 19(4), 707-717.
- Maier, K. D., Wank, V., Bartonietz, K., & Blickhan, R. (2000). Neural network based models of javelin flight: Prediction of flight distances and optimal release parameters. *Sports Engineering*, 3, 57-63.
- Mero, A., Komi, P. V., Kotjusz, T., Navarro, E., & Gregor, R. G. (1994). Body segment contributions to javelin throwing during final thrust phases. *Journal of Applied Biomechanics*, 10, 166-179.
- Miller, D. I., & Munro, C. F. (1983). Javelin position and velocity patterns during final foot plant preceding release. *Journal of Human Movement studies*, 9, 1-20.
- Morriss, C., & Bartlett, R. (1996). Biomechanical factors critical for performance in the men's javelin throw. *Sports Medicine*, Jun 21, 438-446.
- Morriss, C., Bartlett, R., & Fowler, N. (1997). Biomechanical analysis of the men's javelin throw at the 1995 World Championships in Athletics. *New Studies in Athletics*, 12(2-3), 31-41.
- Park, J. M. (2012). *Mechanical analysis of landing and release phase for the male javelin thrower*. Unpublished doctoral dissertation, Korea National Sport University.
- Park, J. M., & Yoon, S. H. (2010). Kinematical analysis of projection factors to record difference during women's javelin throwing. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 20(4), 457-467.
- Rich, R. G., Gregor, R. J., Whiting, W. C., & McCoy, R. W. (1986). Kinematic analysis of elite javelin throwers. *Proceedings of the Second International Symposium of Biomechanics in Sports*, 55-60.
- Viistasalo, J., Mononen, H., & Norvapalo, K. (2003). Release parameters at the foul line and the official results in javelin throwing. *Sports Biomechanics*, 2(1), 15-34.
- Whitting, W. C., Gregor, R. J., & Halushka, M. (1991). Body segment and release parameter contributions to new rules javelin throwing. *International Journal of Sport Biomechanics*, 7, 111-124.
- Young, M. (2007). Preparing for the specific neuromuscular and biomechanical demands of the javelin throw. *Track & Fields*.
- Zatsiorsky, V. M. (2000). *Biomechanics in sport*. Blackwell Science Ltd.