Korean Journal of Sport Biomechanics
Vol. 21, No. 5, December 2011, 661-667

ISSN 1226-2226(Print), ISSN 2093-9752(Online)
http://dx.doi.org/10.5103/KJSB.2011.21.5.661
http://www.kssb.or.kr

2011 대구 세계육상선수권 대회에 참가한 한국 여자 창던지기 선수와 입상자들의 3차원 운동학적 비교 분석

김동수[1] · 채원식[2] · 임영태[3] · 윤창진[2] · 이행섭[1]
[1]경북대학교 대학원 체육학과 · [2]경북대학교 사범대학 체육교육과 · [3]건국대학교 자연과학대학 스포츠과학부

Three-dimensional Comparison of Selected Kinematics between Female Medalists and Korean Female Javelin Thrower at IAAF World Championships, Daegu 2011

Dong-Soo Kim[1] · Woen-Sik Chae[2] · Young-Tae Lim[3] · Chang-Jin Yoon[2] · Haeng-Seob Lee[1]
[1]*Department of Physical Education, Graduate School of Kyungpook National University, Daegu, Korea*
[2]*Department of Physical Education, College of Education, Kyungpook National University, Daegu, Korea*
[3]*Division of Sports Science, College of Natural Science, Konkuk University, Chungju, Korea*
Received 31 September 2011; Received in revised form 30 October 2011; Accepted 23 December 2011

ABSTRACT

The purpose of the study was to compare selected kinematic variables between the female medalists and a Korean female javelin thrower at the IAAF World Championships, Daegu 2011. Three medalists and one Korean javelin thrower that participated in the Championships were videotaped using three high-speed cameras (300 frames/s, EX-F1 Exilim, Casio, Japan). This study identified the performance differences between the two groups. The results showed that the Korean female javelin thrower (KFJT) clearly had a greater delivery phase time than the female medalists. In order to throw farther, a thrower must exert a greater force to accelerate their body in a short time. This study also found that the release velocity of the KFJT was lower than that of the female medalists. The KFJT showed evidence of using her extremities differently to achieve the maximum release velocity. When comparing the inclination angle of the trunk across javelin throwers, the lowest value was recorded in the KFJT. Because the trunk position at release plays a significant role in determining the release height and release velocity, the KFJT should not rely on her upper extremities to achieve as high a release velocity as possible.

Keywords : Javelin, Kinematic, Release, Inclination angle, Temporal parameters

Ⅰ. 서 론

고대 올림픽 경기에서부터 채택되어온 창던지기는 육상 투척 경기 종목의 하나이다. 창던지기는 다른 투척 종목과는 달리 서클이 아닌 너비 4 m, 길이 35 m의 도움닫기 주로를 이용하여, 2.2- 2.4 m의 길이에 남자 800 g, 여자 600 g의 질량을 가진 창을 던지는 기록경기이다(Park, 1994). 창던지기는 선수의 체격적인 면이 중요하며 동시에 다른 투척 종목과는 운동 반경이 넓어 순발력, 조정력, 근력과 같은 체력적인 면이 중요하게 작용된다. 또한, 창던지기 기록은 투사 속도, 투사 각도, 투사 높이와 같은 창을 투사 할 때 작용하는 역학적 요인의 기술적 요소가 중요한 요인으로 작용한다(Hur, 2001, Park, 2008).

지금까지 창던지기 종목의 운동학적 분석은 Hay(1978)가 투사거리에 영향을 미치는 요인을 세분화하여 보고한 이후 주로

Corresponding Author: Woen-Sik Chae
Department of Physical Education, College of Education, Kyungpook National University, 1370 Sangyeok-dong, Buk-gu, Daegu, Korea
Tel : +82-53-950-5932 / Fax : +82-53-955-4235
E-mail: wschae@knu.ac.kr
본 논문은 2011 대구세계육상선수권대회 운동역학 프로젝트로서 문화체육관광부와 대한육상경기연맹으로부터 지원을 받아 수행한 것임.

두 가지에 초점을 맞추어 이루어져왔다. 첫 번째는 투사시 창의 투사요인분석 및 유체 역학적 요인분석(Hubbard & Always, 1989a; Ikegami, Miura, Matsui, & Hashimoto, 1981, Rich, Whitting, McCoy, & Gregor, 1985a; Whitting, Gregor, & Halushka, 1991a)이며, 두 번째는 투사 전·후 선수의 자세에 대한 운동학적 비교분석(Barlett, Muller, Raschner, Lindinger & Jordan, 1995; Bosen, 1985; Komi & Mero, 1985; Mero & Komi, 1994)이다.

이 밖의 선행연구를 살펴보면 도움닫기 구간의 운동 수행방법이 경기력에 미치는 영향에 대한 다양한 연구가 이루어져왔다. Morris et al.(1989)은 투사속도는 창의 비행거리에 가장 중요한 요인이며, 딜리버리의 지지발 착지 시 도움닫기와 크로스 오버 스텝으로부터 얻은 에너지를 효과적으로 전달하는 것이 투사속도를 증가시키는데 중요하다고 보고하였다. Lee(2004)는 크로스 오버 스텝과 딜리버리 구간, 투사 시 올바른 자세 교정을 통해 경기력을 향상 시킬 수 있다고 보고하였다. Zang(2001), Li(2000), Wang(1997)은 창의 비행거리를 증가시키기 위해서는 지지발 착지 시 무릎각을 최대한 신전시켜 지지발의 제어력(breaking force)을 높여 효율적으로 하지의 운동량을 창으로 전이시켜야 한다고 보고하였다.

이와 같이 경기력 향상을 위한 창던지기 동작의 운동학적 연구는 다양하게 이루어져 오고 있으나 그 동안의 선행연구들은 선수들의 연습상황에서의 운동학적 분석이 대부분이며, 실제 경기상황에서의 세부적인 분석 연구는 극히 미약한 실정이다. 특히, 국내에서도 많은 연구가 선수의 기록향상을 위해 이루어졌음에도 불구하고, 국내 여자부 선수의 기록은 2004년 장정연 선수가 60.92 m를 던져 한국기록을 수립한 이후, 현재 여자부 기록은 오히려 하락하는 실정에 있다. 따라서 본 연구의 목적은 대구에서 열린 세계 육상선수권대회를 참가한 선수들 중 3명의 메달리스트들과 우리나라 김경애 선수를 대상으로 실제 경기 상황의 수행동작을 운동학적으로 분석하고 이를 토대로 우수 선수들의 기술구조에 대한 이해를 돕고 우리나라 여자 선수들의 경기력 향상을 위한 정보를 제공하는데 있다.

Ⅱ. 연구 방법

1. 연구 대상자

본 연구는 2011년 대구 세계육상선수권대회에 참가한 여자 창던지기 선수들 중 결선 1위부터 3위까지 3명의 선수들과 국내선수 1명을 대상으로 선정하였으며, 대상자의 신체적 특성 및 각 순위에 대한 세부자료는 다음과 같다(Table 1).

Table 1. Record and physical characteristic of subjects

	Rank	Height (cm)	Age (yrs)	Weight (kg)	Record (m)
Maria Abakumova	1	179	26	80	71.99
Barbora Spotakova	2	182	31	80	71.58
Sunette Viljoen	3	168	29	68	68.38
Kim Kyung Ae		163	24	62	54.96

2. 실험 장비

본 연구에 사용된 실험장비와 분석 장비는 아래와 같다(Table 2).

Table 2. Experimental equipment

Equipment	Product	Manufacturer
Photograph instrument	Casio EX-F1 Exilim Control Object(4×9×4)	CASIO VISOL.
Analysis instrument	Kwon3D Version 3.1	VISOL

3. 실험 절차

2011 대구세계육상선수권대회의 실제 경기장면을 촬영하였다. 3차원 공간 좌표를 설정하기 위하여 통제점이 표시된 직사각형 통제점틀(4 m × 9 m × 4 m)을 창던지기 동작 중 오른발 착지와, 왼발 착지 및 투사동작이 모두 포함될 수 있는 범위에 설치하였다. 3차원 영상분석을 위해 3대의 고속 카메라(Casio EX-F1 Exilim, JPN, 300 frames/sec, Shutter speed 1/1000 sec)를 피험자의 측면, 후방 좌·우측 45° 위치에 각각 설치하였다. 촬영은 실제경기가 진행되었을 때부터 경기가 끝나는 시점까지 촬영하였으며, 개인별 6회 시기 중 가장 기록이 우수한 동작을 선정하여 분석하였다.

4. 자료 분석

1) 주요 시점 및 구간 설정

본 연구의 운동학적 분석을 위해 4개의 주요 시점과 3개의 주요 구간으로 아래와 같이 설정하였다. 크로스 스텝 시 왼발의 착지 시점(Left foot of Cross step; LC), 크로스 오버 시 오른발의 착지 시점(Right foot Contact; RC), 창을 던지기 전 지지하는 왼발의 착지 시점(Left foot in Delivery; LD), 그리고 창

이 손에서 떨어지는 시점(Release; RE)으로 설정하였다. LC부터 RC까지의 구간을 Crossover stride Phase (CP), RC부터 LD까지의 구간을 Delivery Phase (DP), 그리고 LD부터 RE까지의 구간을 Release Phase (RP)로 설정하여 구간별 자료를 분석하였다(Figure 1).

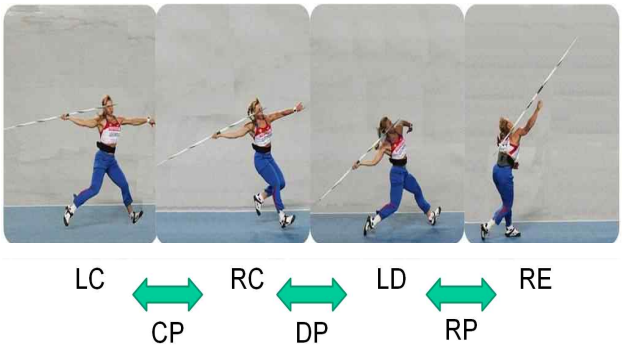

Figure 1. Events & Phases

2) 동작 분석

인체 관절 중심의 좌표화를 위해 디지타이징 시 21개 지점(vertex, chin, ss notch, shoulder, elbow, wrist, knuckle, knee, hip, toe, heel, ankle)을 설정하였으며 2개의 점으로 이루어진 창 등, 총 23개의 점을 직접 좌표화 하였다. 3차원 동작 분석은 Kwon3D program ver. 3.10을 사용하였으며, 직접 선형 변환방법(Direct linear transformation, Abdel-Aziz & Karara, 1971)을 통해 3차원 좌표값을 얻었다. 영상 좌표화 과정에서 발생되는 노이즈를 최소화하기 위해 2차 Butterworth low-pass digital filter를 사용하였으며, 이때 차단 주파수는 6 Hz로 설정하였다.

투창동작 시 중요 운동학적 변인을 비교 분석하기 위해 구간별 소요시간, 구간별 변위, 창의 투사속도 및 각도, 분절의 기울기 각도(inclination angle)를 산출하였다. 각도요인 중 분절의 기울기각은 각 분절과 전역좌표계상의 전후축 평면이 이루는 기울기각으로 정의하였다<Figure 2>. 투사각은 투사순간의 창 질량중심의 속도벡터가 수평면과 이루는 기울기각이며, 공격각은 창과 창의 질량중심 속도벡터의 각으로 자세각과 릴리즈각의 차이를 말한다. 기울기각의 계산은 다음 공식에 따라 산출하였다.

$$\theta = \tan^{-1}\frac{(z_2 - z_1)}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}$$

θ : 각 분절과 전역좌표계상의 전후축 평면이 이루는 기울기각

x1, y1, z1 : 근위 관절점의 좌우, 전후, 수직 위치좌표

x2, y2, z2 : 원위 관절점의 좌우, 전후, 수직 위치좌표

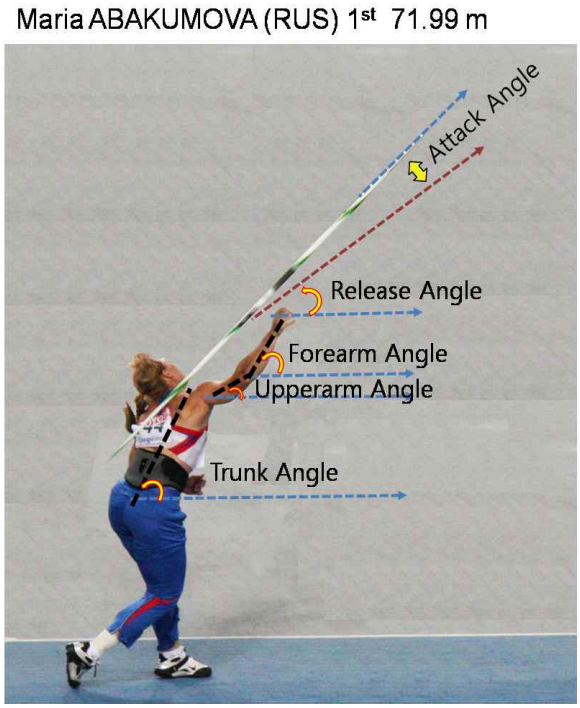

Figure 2. Definition of inclination angle

Ⅲ. 결 과

1. 구간별 소요시간

구간의 동작을 실시하는 동안 소요된 시간을 알아보기 위하여 왼발이 지면에 착지하는 순간부터 창이 손으로부터 릴리즈되는 시점까지 소요된 시간은 <Table 3>과 같다. 구간별 소요된 시간을 살펴보면, CP 구간에서는 결승경기에 입상한 선수들의 평균이 312±1.7 ms로 우리나라 김경애 선수와 큰 차이가 나타나지 않았으나, DP 구간에서는 우리나라 김경애 선수가 258 ms로 메달리스트 보다 다소 느리게 나타났다.

개인별 특성을 보면, DP 구간과 RP 구간에서는 Sunette Viljoen이 가장 짧은 소요시간을 나타내었고, 우리나라 김경애 선수가 가장 긴 소요시간을 나타내었다.

Table 3. Phase time (ms)

	CP	DP	RP
Maria Abakumova	313	194	140
Barbora Spotakova	313	190	147
Sunette Viljoen	310	167	113
M SD	312 (1.7)	184 (14.6)	133 (18.0)
Kim Kyung Ae	312	258	147

2. 구간별 변위

구간별 변위는 크로스 스텝 시 왼발의 착지 지점부터 크로스 오버하여 오른발의 착지 지점까지의 변위, 오른발의 착지 지점부터 지지발 착지 지점까지의 변위, 그리고 릴리즈 후 착지하는 발로부터 파울라인까지의 변위를 나타낸 것이다. 결승경기에 입상한 선수들의 구간별 변위는 평균 1.69±0.16 m, 1.58±0.17 m로 각각 나타났으며, 우리나라 김경애 선수는 1.46 m, 1.60 m로 CP 구간과 투사 후 착지하는 발로부터 파울라인까지의 변위는 다소 작게 나타났다. 팔로스로우 스텝부터 파울라인까지의 거리는 결승경기에 입상한 선수들이 평균 2.19±0.46 m로 우리나라 김경애 선수의 1.62 m 보다 다소 길게 나타났다(Table 4).

Table 4. Horizontal Displacement for each phase (m)

	CP	DP	RP*
Maria Abakumova	1.87	1.74	2.36
Barbora Spotakova	1.61	1.60	2.54
Sunette Viljoen	1.59	1.41	1.66
M SD	1.69 (0.16)	1.58 (0.17)	2.19 (0.46)
Kim Kyung Ae	1.46	1.60	1.62

* Distance from foul line

3. 릴리즈순간의 투사속도

<Table 5>는 릴리즈순간 창의 투사속도와 신체중심속도를 나타낸 것이다. 표에 제시된 속도 성분에 대한 특성을 살펴보면, 투사속도의 경우 결승경기에 입상한 선수들은 평균 25.23±0.91 m/s로 나타난 반면, 우리나라 김경애 선수는 21.20 m/s로 다소 낮은 결과를 보였다. 신체중심속도의 결과도 결승경기에 입상한 선수들은 평균 0.84±0.04 m/s로 나타난 반면, 0.63 m/s로 다소 낮게 나타났다.

Table 5. Release velocity and CM Velocity at release (m/s)

	Release velocity (m/s)	CM Velocity at release (m/s)
Maria Abakumova	25.12	0.85
Barbora Spotakova	26.24	0.87
Sunette Viljoen	24.43	0.80
M SD	25.23 (0.91)	0.84 (0.04)
Kim Kyung Ae	21.20	0.63

Table 6. Release angle at release (deg)

	Attitude	Release	Attack
Maria Abakumova	43.8	39.4	4.4
Barbora Spotakova	42.2	38.2	4.0
Sunette Viljoen	43.0	39.3	3.7
M SD	43.0 (0.8)	39.0 (0.7)	4.0 (0.4)
Kim Kyung Ae	44.7	43.2	1.5

4. 릴리즈순간의 투사각도

<Table 6>은 릴리즈 순간의 자세각(atttitude angle)과 릴리즈각(release angle), 그리고 공격각(attack angle)에 요인에 대한 결과를 나타내었다. 릴리즈순간의 창의 각도요인을 살펴보면, 우리나라 김경애 선수의 자세각과 투사각이 결승경기에 입상한 선수들에 비해 큰 반면, 공격각은 1.5 °로 적게 나타났다.

5. 릴리즈순간의 투사높이

릴리즈 순간의 투사높이를 살펴보면, 결승경기에 입상한 선수들은 평균 1.88±0.1 m로 신장의 106.8±3.17 %를 보인 반면에 우리나라 김경애 선수는 1.62 m로 신장의 99.4%를 보이면서 입상한 선수들이 우리나라 선수보다 다소 높은 위치에서 릴리즈가 이루어지는 것으로 나타났다(Table 7).

Table 7. Release height at release (m/%)

	Height/Relative release height
Maria Abakumova	1.85/103.4
Barbora Spotakova	1.96/107.7
Sunette Viljoen	1.84/109.5
M SD	1.88/106.8 (6.65/3.2)
Kim Kyung Ae	1.62/99.4

6. 분절의 기울기각

RP 국면에 대한 몸통각의 특성을 살펴보면, 몸통각에서 Maria Abakumova가 선수들 중에서 가장 수직에 가깝게 나타났으며, 상완각과 전완각에서는 가장 적게 나타났다. Sunette Viljoen과 우리나라 김경애 선수는 다른 선수들 보다 몸통각이 다소 적게 나타났으며, 상완각과 전완각은 다소 큰 것으로 나타났다(Table 8).

Table 8. Segments inclinations (deg)

	Trunk	Upperarm	Forearm
Maria Abakumova	61.2	43.7	47.6
Barbora Spotakova	52.8	47.5	67.8
Sunette Viljoen	46.7	62.8	68.6
M SD	53.6 (7.3)	51.3 (10.1)	61.3 (11.0)
Kim Kyung Ae	43.9	60.3	67.3

Ⅳ. 논 의

창던지기 동작 중 착지 단계에 이루어지는 지지발 착지와 던지기 단계에서 이루어지는 릴리즈 단계는 투사 시 창의 속도, 투사각도, 투사높이와 높은 교차상관관계를 가지며, 선수의 기록에 가장 직접적인 영향을 주는 동작인 것으로 보고되고 있다 (Barlett & Best, 1988; Leblanc & Dapenna, 1996; Lee, 2002a; Yang et al., 2002;).

기록에 직접적인 영향을 미치는 투사요인중 투사속도의 특성을 살펴보면, 결승경기에 입상한 선수들의 투사속도가 25.23±0.91 m/s인 반면 우리나라 김경애 선수는 21.20 m/s로 나타났다. Mero et al.(1994)의 연구에서는 엘리트 여자 창던지기 선수를 대상으로 분석한 결과, 평균 24.6 m/s를 보였다고 보고하였고, Lee, Ryu와 Kim(2009)은 국내 랭킹 8위 이내에 있는 여자 창던지기 선수를 대상으로 한 연구결과에서 20.3±1.0 m/s가 나타났다고 보고하였다. 이러한 점은 여자 선수들의 투사속도 1m/s의 차이는 2.25 m에서 3.68 m의 기록차이가 난다고 보고된 연구결과(Viitasalo, Mononen, & Norvapalo, 2003)를 미루어 볼 때, 국내 선수들이 세계 엘리트 선수들과 많은 투사속도차이를 보이고 있어, 그에 따른 기록이 낮은 것으로 판단된다.

다수의 선행연구(Hubbard & Always, 1989b; Lee et al., 2009b; Whitting, 1991b)에 따르면 신체 중심속도의 증가가 창의 수평비행거리를 증가에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보고하고 있다. 하지만, 신체 중심속도가 너무 빠르거나 느리게 되면 효과적인 운동량 전이가 이루어지지 않아 투척거리에 좋은 결과를 가져올 수 없다고 보고하였다. 본 연구에서는 결승경기에 입상한 선수들의 신체 중심속도는 평균 0.84±0.04 m/s인 반면, 우리나라 김경애 선수는 0.63 m/s로 나타났다. 따라서 국내 선수들의 기록향상을 위해서는 투사 시 신체중심속도를 증가 시킬 수 있는 방법 모색이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

결승경기에 입상한 선수의 투사높이는 평균 1.88±0.1 m이며 신장의 106.8±3.17%인 반면, 우리나라 김경애 선수는 신장의 99.4 %높이인 1.62 m로 비교적 낮은 지점에서 투사가 이루어졌다. Campos, Brizuerla, Ramon과 Gamez(2002)은, 세계적 엘리트 선수들의 경우 기록이 우수할수록 높은 위치에서 릴리즈가 이루어지는 것으로 보고하였다. 또한, 릴리즈 순간의 상지와 하지의 굴곡과 신전에 따라서 릴리즈 높이가 다르게 나타날 수 있지만, 릴리즈 순간에 있어서는 각 관절을 신전된 자세로 동작을 수행하여 투사높이를 증가시키는 것으로 보고하였다. 결승경기에 입상한 선수들과 우리나라 선수 간에 평균 15.5 cm 신장의 차이가 나는 것을 감안하더라도 우리나라 김경애 선수의 투사높이가 상대적으로 낮은 것은 몸통 전경각이 감소하여 전방으로 다소 굴곡된 자세에서 투사하였기 때문인 것으로 사료된다.

창의 릴리즈 속도 벡터가 지면과 이루는 각도를 나타내는 투사각의 결과를 살펴보면, 결승경기에 입상한 선수들은 평균 39.0±0.7°이며, 우리나라 김경애 선수는 43.2°를 나타내었다. 또한, 자세각과 투사각의 차이인 공격각은 4.0±0.4°, 1.5°로 각각 나타났다. Cooper et al.(1959)은 투사각도는 수평거리에 결정적인 영향을 미치는 요인으로서 최적의 투사각도 범위를 35° - 40°로 보고하였다. Gregor(1985)는 세계적 선수인 톰 페트라노프의 투사각도를 37°로 보고하였다. Rich et al.(1985b)는 투사시 최적의 공격각이 -1~0°이며, 공격각이 최소화될 때 투창의 방향과 질량중심점의 진행방향이 일치한다고 보고하였다. 이러한 선행연구의 결과를 살펴볼 때, 우리나라 김경애 선수는 공격각에 있어서 비교적 효율적인 릴리즈가 이루어졌으나 자세각과 투사각도는 다소 높은 것으로 판단된다. 따라서 우리나라 김경애 선수는 투사 시 투창의 각도를 적절하게 조절하는 기술적 보안이 필요한 것으로 사료되며 공격각의 감소를 통해 기록향상을 이룰 수 있을 것으로 판단된다.

신체 각 분절이 이루는 벡터와 수평면이 이루는 기울기각을 살펴보면, 결승경기에 입상한 선수들은 평균 몸통각이 53.6±7.3°, 상완분절각이 51.3±10.1°, 전완분절각이 61.3±11.9°인 것으로 나타났고, 우리나라 김경애 선수는 43.9°, 60.3°, 67.3°로 나타났다. 이러한 각 분절의 기울기각의 결과는 투사 요인중 투사 높이에 직·간접적으로 영향을 미친다. 우리나라 김경애 선수는 릴리즈 순간 상체가 다른 선수들 보다 전방으로 굴곡된 자세를 취함 됨으로써 상완분절과 전완분절이 후방으로 신전되어 창의 투사각이 증가한 것으로 판단된다.

Kelso(1982)와 Zatsiorsky(1998)는 인체분절운동의 특성은 기본적으로 여러 개의 분절들이 관절로 연결된 운동학적 체인(kinematic chain)을 형성에 있다고 보고하였다. Bernstein(1967)

은 인접한 분절들 간의 상호 작용력을 잘 활용하는 것이 숙련자의 운동수행의 특징이라고 보고하였다. Lee(2002b)은 창던지기 시 힘의 전달은 몸통, 상완, 전완, 손목, 그리고 창으로 전달되기 때문에, 릴리즈 시 효율적인 동작을 위해서는 창의 진행방향에 맞추어 전경자세를 적절히 취해야 하는 것으로 보고하였다. Jorg와 Lutz(1998)은 몸통의 전경각이 수직에 가까울수록 보다 큰 힘을 발휘한다고 보고하였다. 이와 같은 선행연구의 결과를 살펴볼 때, 우리나라 김경애 선수의 기록 향상을 도모하기 위해서는 릴리즈 순간 상체를 수직에 가깝게 유지하고 어깨를 회전시킴으로서 운동량을 효과적으로 전이 시켜야 할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 신체중심속도를 비롯한 창의 투사속도에 많은 영향을 주는 구간을 CP, DP, RP로 설정하여 시간 및 거리 변인을 분석하였다. Kim(1993), Oh와 Cho(2003)는 창던지기는 크로스 스텝에서 릴리즈 순간까지의 알맞은 스텝거리와 연속적이고 리드미컬한 도약동작을 수행하는 것이 중요하다고 보고하였다. 거리 및 시간변인의 결과를 살펴보면, 결승경기에 입상한 선수의 구간별 평균소요시간은 0.312±0.002 sec, 0.184±0.015 sec, 0.133±0.018 sec로 나타났으며, 구간별 소요거리는 Impulse 구간이 1.69±0.2 m, Delivery 구간이 1.58±0.2 m, 릴리즈 후 착지하는 발과 파울라인까지의 거리는 2.19±0.5 m로 나타났다.

Menzel(1990)은 개인적인 차이가 존재하지만, 일반적으로 세계적 수준의 엘리트 선수의 경우 Impulse 스트라이드의 속도가 5.5~7.6 m/s 라고 보고하였다. Terauds(1990)는 Delivery 스트라이드는 하체분절에서부터 발생된 힘을 상체분절을 거쳐 창에 충분히 전달시키기 위한 자세로서 지지하는 발의 수평이동을 일컫는다고 보고하였다. 그는 엘리트 선수의 경우 Delivery 스트라이드 속도가 6.0~7.5 m/s라고 밝혔다.

본 연구 결과, 결승경기에 입상한 선수들은 각 구간별(CP, DP) 속도가 평균 5.42±0.5 m/s, 8.61±0.3 m/s로 선행연구와 유사한 결과를 나타내었고, 우리나라 김경애 선수는 4.67 m/s, 6.20 m/s로 다소 수평이동속도가 느리게 나타났다. 이러한 결과는 창의 수평속도 증가에 부정적 요인으로 작용 할 수가 있어 경기기록 향상을 위해서는 수평속도의 증가가 동반되어야 할 것으로 판단된다.

Release time은 지지발의 완전한 착지에서부터 창이 손으로부터 떨어지는데 까지의 소요시간을 나타낸다. 본 연구에서는 결승경기에 입상한 선수들은 평균 133±18.0 ms를 나타내었고, 우리나라 김경애 선수는 147 ms로 다소 느리게 나타났다. Release time은 창의 초기 속도에 중요한 영향을 미치는데, 이러한 결과가 창의 투사속도 및 경기결과에 부정적인 영향을 미친 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구의 목적은 3차원 동작분석을 통해 2011년 대구세계육상선수권대회에 입상한 여자 투창 선수들과 우리나라 선수의 운동학적 변인을 분석하여 이를 토대로 우수 투창 선수들과 우리나라 선수의 투사 방법에 대한 정량화된 자료를 제시하는데 있다. 또한, 이와 같이 본 연구는 대구 세계육상선수권대회 입상자와 우리나라 선수의 운동학적 자료를 제공함으로써 국내 선수들의 기술적 보완 훈련을 위한 기초자료를 제공할 수 있을 것이다. 이러한 목적을 달성하기 위해 구간별 소요시간, 구간별 변위, 창의 투사속도 및 신체무게중심속도 요인, 투사 시 창의 각도 요인, 창의 투사높이 요인, 분절의 기울기 각도(inclination angle)를 산출하였다. 본 연구의 결과 투사 이전의 안정적인 자세 전환, 투사 시 투창의 각도 변인과 신체 분절 상호간의 이상적인 기울기각 유지가 경기 결과 긍정적인 영향을 줄 것으로 판단된다.

따라서, 경기력 향상을 위해서는 국내선수의 체격과 체력을 고려한 트레이닝 방법 개발과 투사방법에 대한 세부적인 지도가 필요할 것이다. 또한, 추후 연구에서는 투사 시 하체 분절에서 상지 분절로의 운동량 전이와 관련된 분절 운동의 상호작용과 특성을 분석할 것이다.

참고문헌

Abdel-Aziz, Y. I., & Karara, H. M.(1971). *Direct linear transformation from comparator coordinates in object-space coordinates in close-range photogrammetry.* Proceedings of the ASP Symposium of Close-Range Photogrammetry. Urbana, IL.

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., Raschner, C., Lindinger, S., & Jordan, C.(1995). Pressure distributions on the plantar surface of the foot during the javelin throw. *Journal of Applied Biomechanics*, 11, 163-176.

Bernstein, N. A.(1967). *The coordination and regulation of movements.* London: pergamon press.

Bosen, K. A.(1985). Javelin throw coaching. *Track & Field Quarterly Review*, 85(1), 29-30

Campos, J., Brizuela, G., Ramon, V., & Gamez, J.(2002). Analysis of kinematic parameters between spanish and

world class javelin throwers. *International Society of Biomechanics Sport*, 107-110.

Cooper, L., Dalzell, D., & Silverman, E.(1959). *Flight of Discus*. Division of Engineering Science, Purdue University.

Gregor, R. J., & Pink, M.(1985). Biomechanical analysis of a world record javelin throw: A case study. *International Journal of Sport Biomechanics*, 1:73-77.

Hay, J. G.(1978). *The biomechanics of sport techniques(2nd ed.)*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-H all.

Hubbard, M., & Always, L. W.(1989). Rapid and accurate estimation of release condition in the javelin throw. *Journal of Biomechanics*, 22, 583-595.

Hur, S. M.(2011). *A kinematics analysis of release phase javelin throwing*. Unpublished Master's Thesis, Graduate School of Kong Ju National University.

Ikegami, Y., Miura, M., Matsui, H., & Hashimoto. I.(1981), *Biomechanical analysis of the javelin throw.* Biomechanics VII-B, pp. 271-276. analysis of selected javelin throwers at the 1976.

Jorg, B., & Lutz, K.(1998). The technique of the best female javelin throwers in 1997. *International Journal of Sport Biomechanic*, 1, 73-77.

Kelso, J.A.S.(1982). *Human motor behavior : An Introduction Hillsdale*, NJ: Erlbaum.

Kim, S. Y.(1993). *A study on the kinematic analysis of the upper limbs during javelin*. Unpublished Master's Thesis, Graduate School of Myong Ji University.

Komi, p. V., & Mero, A.(1985). Biomechanical analysis of Olympic javelin throwers in 1997. *International Journal of Sport Biomechanic*, 1, 139-150.

Lee, J. H.(2002). Kinematical analysis of woman javelin throwing. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 12(2), 345-359.

Lee, Y. S.(2004). The kinematic analysis of cross over step and delivery phase in female javein throwing players. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 14(3), 149-163.

LeBlanc, M. C., & Dapena, J.(1996). *Generation and transfer of angular momentum in the javelin throw. Presented at the 20th Annual Meeting of the American Society of Biomechanics Atlanta*, Georgia.

Lee, Y. S.(2009). Analysis of kinematic parameters between skilled and less skilled female javelin throwers. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 19(4), 707-717

Menzel, H. J.(1987). *Transmission of partial momenta in javelin throw.* In Johnson, B. (Ed) Biomechanics X-8, Human Kinetics Publishers, Champaign, 643-647.

Mero, A., Komi, P. V., Kotjus, T., Navarro, E, & Gregor, R. G.(1994). Body segment contributions to javelin throwing during final thrust phases. *Journal of Applied Biomechanics*, 10, 166-177.

Mero, A., & Komi, P. V.(1994). Body segment contributions to javelin throwing during final thrust phases. *Journal of Applied Biomechanics*, 10, 166-179.

Morriss, C., Bartlett, R. M., & Fowler, N.(1997). *Biomechanical analysis of the men's javelin throw at the 1995 World Championships in Athletics*. New Studies in Athletics, 12, 31-41

Oh, B. S., & Cho, Y. J.(2003). Study on the best record exhibition times during javelin throwing competition. *Korea Sports Research*, 1827-1838.

Park, C. W.(1994). *Kinematic analysis influencing on release distance in javelin throwing*. Unpublished Master's Thesis, Graduate School of Dong Guk University.

Park, J. M.(2008). T*he kinematic analysis of man's javelin throwing at support foot landing-the relationship between knee angle and throwing distance*. Unpublished Master's Thesis, Graduate School of Korea National Sport University.

Rich, R. G., Whiting, W. C., mcCoy, R. W., & Gregor, R. J.(1985). Analysis of release parameters in elite javelin throwers. *Track & Technique*, 92, 2932-2934.

Terauds, J.(1978). javelin release characteristics of USA and USSR thrower-1974. *Track & Field Quarterly Review*, 78, 42.

Whitting, W. C., Gregor, R. J., & Halushka, M.(1991). Body segment and release parameter contributions to new rules javelin throwing. *International Journal of Sport Biomechanic*, 7, 111-124.

Viistasalo, J., Monoene, H., & Norvapalo, K.(2003). Release parameters at the foul line and the official results in javelin throwing. *Sports Biomechanics*, 2(1). 15-34.

Yang, D. Y., Choe, P. H., & Jung, N. J.(2002). The kinematical analysis of releasing phase in javelin throwing event. *International Journal of Human Movement Science*, 41(3), 565-572.

Zatsiorsky, V. M.(1998). *Kinematics of human motion*. Champaign, IL: Human Kinetics.