Korean Journal of Sport Biomechanics
Vol. 21, No. 5, December 2011, 653-660

ISSN 1226-2226(Print), ISSN 2093-9752(Online)
http://dx.doi.org/10.5103/KJSB.2011.21.5.653
http://www.kssb.or.kr

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

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

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

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

ABSTRACT

The purpose of this study was to compare selected kinematic variables between male medalists and a Korean male javelin thrower at the IAAF World Championships, Daegu 2011. The 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). The results showed that the release and attitude angles of the Korean male javelin thrower (KMJT) were greater than that of the medalists, whereas the attack angle of the KMJT was smaller than that of the medalists. This study also found that the KMJT clearly had a lower release height than the medalists. As a possible adaptation of his physique to the skill, the KMJT used a small trunk inclination angle and produced greater inclination angles at his upper extremities. These results may be linked to an increase in the release angle of the KMJT. There were some difference between the KMJT and the medalists in terms of the length and duration of the delivery phase. In harmony with the shorter length of the delivery phase, its duration was shorter for the KMJT in comparison to the medalists. Because the delivery stride is considered to be a primary generator of endpoint speed, this decrease in the delivery phase time would decrease the javelin velocity at release. The amount of time taken in the delivery phase may be a critical factor to enhance a javelin thrower's performance. Thus, rhythmic movement training specifically designed for the KMJT will help him attain an optimal throwing position.

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

Ⅰ. 서 론

고대 올림픽 때부터 정식종목이었던 창던지기는 육상경기 중 던지기 경기에 속하며 스피드와 힘을 이용하여 투사된 거리를 다투는 종목이다(Kim, 2003). 다른 투척종목과는 달리 창던지기는 써클이 아닌 넓이 4m, 주로 35m 구역의 도움닫기 주로를 이용하며, 창의 길이는 남자용 260 ~ 270cm, 여자용 220 ~ 230cm, 무게는 남자용이 최소 800g, 여자용은 600g으로 규정하고 있다(Park, 1994).

일반적인 창던지기의 동작단계는 도움닫기, 크로스 스텝, 릴리즈로 구분된다. 던지는 자세는 엄지손가락과 집게손가락으로 손잡이 끝을 쥐고 다른 세 손가락은 모아서 손잡이를 잡으며, 창을 어깨위로 들어 올린 다음 약 30 m의 도움닫기를 한 후,

Corresponding Author: Chang-jin Yoon
Department of Physical Education, Kyungpook National University, 1370 Sangyeok-dong, Buk-gu, Daegu, Korea
Tel : +82-53-950-7462 / Fax : +82-53-955-4235
E-mail: kinesi@hanmail.net
본 논문은 2011 대구세계육상선수권대회 운동역학 프로젝트로서 문화체육관광부와 대한육상경기연맹으로부터 지원을 받아 수행한 것임.

크로스 스텝을 이용하여 허리를 회전시키면서 상체를 뒤로 젖히고, 그 반동을 이용하여 머리 위에서 창을 투구하는 오버암 던지기의 일종이다(Lee, Kim, & Lee, 2000).

창던지기 기록에 영향을 미치는 중요 요인으로는 투사속도, 투사각도, 투사높이를 들 수 있으며, 여기에 창의 비행에 영향을 주는 유체 역학적인 요인들을 포함시킬 수 있다. 이들 중 창던지기 기록에 가장 큰 영향을 주는 투사속도는 도움닫기의 스피드와 힘, 신체분절의 가속도에 의해 결정된다(Kim, 1993). 또한, 창던지기는 크로스 스텝에서 릴리즈 순간까지의 알맞은 스텝거리, 속도의 변화 없이 연속성 있는 도약동작을 수행하는 것이 중요하기 때문에, 포환이나 해머종목과 달리 큰 체형이 아니어도 좋은 기록을 낼 수 있는 특성을 가지고 있다(Oh & Cho, 2003).

현재 창던지기 세계최고 기록은 체코의 젤레진(Jan Zelezny)이 1996년에 기록한 98.48 m이며, 한국 최고기록은 2004년 뉴질랜드 육상경기선수권대회에서 박재명이 세운 83.99 m의 기록으로 세계기록과 많은 차이를 보이고 있다. 하지만 2007 오사카 세계육상선수권대회 및 2009 베를린 세계육상선수권대회의 입상기록이 85 m에서 89 m 사이에 있어, 한국선수들이 세계대회에 입상할 가능성이 높다는 것을 알 수 있다.

창던지기에 대한 선행연구를 살펴보면, Hubbard와 Always(1989)는 릴리즈 순간에 있어서 위치, 속도, 자세, 각속도가 최적의 조건에서 최대의 비행거리를 얻을 수 있다고 보고하였다. Hay(1978)는 투창운동의 최대수평거리에 영향을 미치는 요인을 릴리즈 속도, 릴리즈 각도, 릴리즈 높이와 신체의 각도로 제시하였다. Hay(1978)와 Miller와 Munro(1983)에 의하면, 릴리즈 순간 창의 높이는 자신의 신장보다 15~30cm 정도 높게 이루어져야 한다고 보고하였다. Ikegami, Miura, Matsui와 Hashimoto(1981)는 비행거리를 증가시키기 위해서는 릴리즈의 순간속도를 최대로 끌어올려야 한다고 하였다.

Whitting, Gregor와 Halushka(1991)와 Mero, Komi, Kotjus Navarro와 Gregor(1994)는 던지기 구간의 신체분절들의 기여도를 분석한 결과 어깨, 팔꿈치, 손목, 손 순서로 관절 중심속도가 크게 증가한다고 보고하였다. Bartlett, Muller, Lindinger, Bruner와 Morriss(1996)는 기술수준이 다른 세 그룹을 대상으로 창던지기 동작을 분석하여 근위분절보다 원위분절이 빠른 속도가 나타남을 보고하였다. 이러한 현상은 역학적 힘이 창에 전달될 때 원위분절의 질량 및 관성모멘트가 작아 원위분절의 속도 변화가 크게 발생하는 것이라고 보고하였다.

이밖에 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. 또한 Seo(1989)은 투척거리에 영향을 주는 요인은 고관절의 속도와 릴리즈 속도이며, 고관절의 속도와 릴리즈 속도가 빠를수록 투척거리는 증가한다고 보고하였다.

이와 같이 경기력 향상을 위한 창던지기 동작의 운동학적 연구는 다양하게 이루어져 오고 있으나 이러한 연구들 중 세계적 수준의 실제 경기에서 동작 촬영을 통한 분석연구는 다소 미흡한 실정이다. 또한 투척종목 중 창던지기는 기록면에서 서양보다 열세에 있기는 하나 지속적이고 과학적인 동작분석을 통해 기술적인 부분을 보완한다면 세계적 수준에 근접할 수 있는 종목이기도 하다.

이에 본 연구에서는 2011 대구세계육상선수권대회에 참가한 선수들 중 3위 안에 입상한 세계적인 선수들의 동작과 우리나라 정상진 선수의 동작을 실제 경기장면에서 촬영하여 3차원 동작분석을 통해 도출해낸 운동학적 변인을 토대로 우수 선수들의 기술구조에 대한 이해를 돕고 우리나라 남자선수들의 기량 향상을 위한 정량화된 자료를 제시하고자 한다.

Ⅱ. 연구 방법

1. 연구 대상자

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

Table 1. Record and physical characteristic of subjects

	Rank	Height (cm)	Age (yrs)	Weight (kg)	Record (m)
Matthias de Zordo	1	190	24	97	86.27
Andreas Thorkildsen	2	188	30	90	84.78
Guillermo Martinez	3	185	31	95	84.30
Jung Sang Jin		188	28	100	72.03

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(Figure 1).

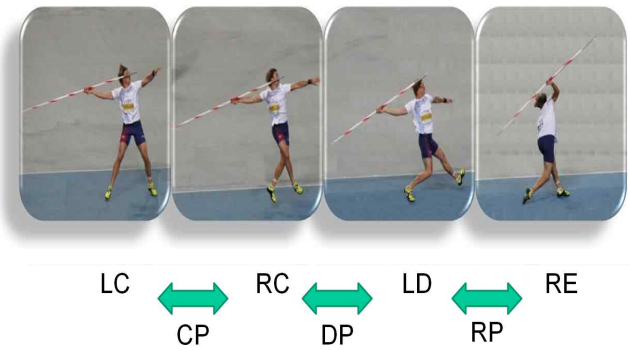

Figure 1. Events & Phases

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

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 투사각의 차이를 말한다. 기울기각의 계산은 다음 공식에 따라 산출하였다.

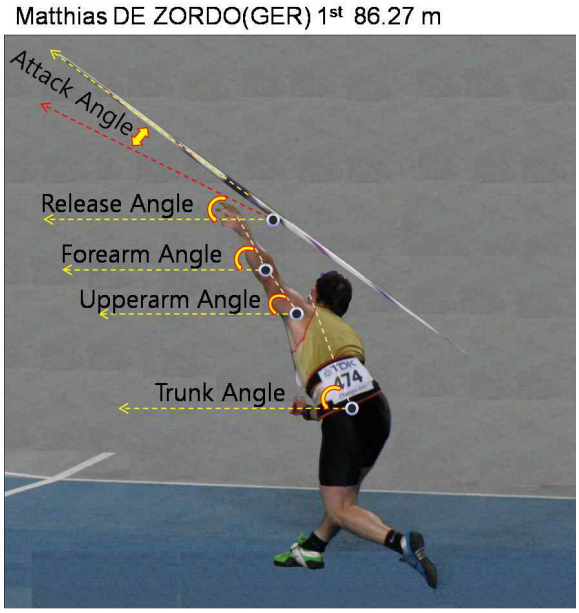

Figure 2. Definition of inclination angle

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

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

Ⅲ. 결 과

1. 투사속도

<Table 3>은 창던지기에서 가장 중요한 요소로 여겨지는 투사속도를 나타낸 것으로 금메달리스트인 M. de Zordo(GER)가 29.9 m/s의 가장 빠른 투사속도를 보였다. 이 속도는 지난 2009년 베를린대회에서 금메달을 획득한 A. Thorkidsen(NOR)이 88.95 m를 던질 때 보여준 29.3 m/s 보다 약간 빠른 투사속도이다. 그러나 기록에 있어서는 지난대회 1위 선수의 비거리가 더 크게 나타났다. 이는 투사속도 이외에 투사각도, 투사높이 등의 다른 요인들의 영향도 비거리에 관계하고 있다는 의미이다. 우리나라의 정상진 선수의 투사속도는 27.6 m/s 로서 입상권선수들의 평균인 28.93±0.85 m/s 보다 느렸으며 1위 선수와는 2초 이상의 차이를 보였다. 투사순간의 몸통질량중심속도를 살펴보면 메달리스트 3명의 평균은 0.92±0.06 m/s 이며 우리나라 정상진선수의 0.70 m/s 보다 0.22 m/s 더 빠른 속도가 발생하였다.

Table 3. Release velocity and CM Velocity at release (m/s)

	Release velocity (m/s)	CM Velocity at release (m/s)
Matthias de Zordo	29.9	0.86
Andreas Thorkidsen	28.6	0.96
Guillermo Martinez	28.3	0.95
M SD	28.93 (0.85)	0.92 (0.06)
Jung Sang Jin	27.6	0.70

2. 투사각도

<Table 4>는 창던지기에서 투사순간의 창 질량중심의 속도벡터가 수평면과 이루는 각인 투사각(Release Angle), 투사순간의 창의 종축과 지면이 이루는 각인 자세각(Attitude Angle), 그리고 투사각과 자세각의 수직면상에서의 차이를 구한 공격각(Attack Angle)을 나타낸 것이다.

<Table 4>에 의하면 투사각의 평균은 36.6±0.70°, 자세각의 평균은 38.4±2.40°, 공격각의 평균은 2.7±0.79°이다.

본 대회에서 금메달리스트인 M. de Zordo(GER)가 37.3°, 은메달리스트인 A. Thorkildsen(NOR)이 35.9°, 동메달리스트인 G. Martinez(CUB)가 36.7° 의 투사각을 보였다. 지난 2009년 베를린대회에서 금메달을 획득한 A. Thorkildsen(NOR)이 88.95m를 던졌을 때의 투사각이 37.6° 인 점을 고려해 볼 때 이번 대회 우승자와 거의 유사한 투사각을 기록하였다. 정상진 선수의 경우, 42.3° 로 다른 선수들에 비해 다소 높은 투사각을 나타내었다.

Table 4. Release angle at release (deg)

	Attitude	Release	Attack
Matthias de Zordo	37.3	40.3	3.0
Andreas Thorkidsen	35.9	39.2	3.3
Guillermo Martinez	36.7	35.7	1.8
M SD	36.6 (0.70)	38.4 (2.40)	2.7 (0.79)
Jung Sang Jin	42.3	42.0	0.3

자세각은 1위와 2위를 차지한 선수들은 투사각 보다 높은 각도로, 3위를 차지한 선수는 투사각 보다 조금 낮은 각도가 발생되었다. 정상진 선수는 투사각과 거의 유사하지만 0.3° 낮은 자세각을 보였다. 투사각과 자세각이 이루는 수직면상의 차이인 공격각은 입상권 선수들의 평균치 보다 정상진 선수가 각이 더 적은 공격각이 발생되어 창이 속도벡터와 거의 일치한 상태에서 투사된 것으로 나타났다.

3. 투사높이

<Table 5>는 창던지기에서 투사순간의 투사높이를 나타낸 것으로 높은 위치에서 적절한 각도로 투사될 때 최대 수평거리를 얻을 수 있다.

투사높이는 가급적 높은 위치에서 창이 투사되는 것이 비거리를 증가시키는 데 유리하다고 볼 때 본 연구에서는 1위부터 3위까지 선수들의 평균이 2.00±0.07 m로 우리나라 정상진 선수의 1.76 m 보다 월등히 높게 나타났다.

Table 5. Release height at release (m/%)

	Height/Relative release height
Matthias de Zordo	2.01/105.8
Andreas Thorkidsen	1.93/102.7
Guillermo Martinez	2.07/111.9
M SD	2.00/106.8 (7.02/6.7)
Jung Sang Jin	1.76/93.6

4. 투사순간의 신체분절의 기울기 각도

<Table 6>은 창던지기 투사순간의 몸통분절과 수평면이 이루는 각인 몸통분절각(Inclination Angle of the Trunk), 상완분절이 수평면과 이루는 각인 상완분절각(Inclination Angle of

the Upperarm), 전완분절이 수평면과 이루는 각인 전완분절각 (Inclination Angle of the Forearm)을 나타낸 것이다.

<Table 6>에 의하면 투사순간의 몸통분절의 평균기울기각은 49.5±4.62°, 상완분절의 평균기울기각은 39.4±6.18°, 전완분절의 평균기울기각은 49.4±7.17°이다. 정상진 선수의 경우는 몸통분절의 기울기각이 43.9°, 상완분절의 기울기각이 52.0°, 전완분절의 기울기각이 54.4°를 보였다.

Table 6. Segments inclinations (deg)

	Trunk	Upperarm	Forearm
Matthias de Zordo	44.4	45.2	46.0
Andreas Thorkidsen	50.7	40.1	57.6
Guillermo Martinez	53.4	32.9	44.5
M SD	49.5 (4.62)	39.4 (6.18)	49.4 (7.17)
Jung Sang Jin	43.9	52.0	54.4

5. 거리요인

<Table 7>은 세 구간의 구간별 소요거리를 나타낸 것이다.

3위안에 입상한 선수들의 각 구간별 평균 소요거리는 CP 구간이 2.29±0.29 m, DP 구간이 1.86±0.14 m, 릴리즈 후 착지하는 발과 파울라인까지의 거리는 1.56±0.24 m 로 나타났다. 정상진 선수의 경우, 각각 1.96 m, 1.60 m, 2.61 m를 나타내었다. 특히 릴리즈 후 파울라인까지의 거리가 다른 선수들에 비해 유난히 길어서 투사거리에 부정적인 영향을 끼쳤다. 입상한 선수들은 물론, 우리나라의 정상진 선수까지 모두 CP 구간이 DP 구간보다 긴 소요거리를 나타냈는데 이는 지난 2009년 베를린 대회에서의 메달리스트들과 동일한 결과이다.

Table 7. Horizontal Displacement for each phase (m)

	CP	DP	RP*
Matthias de Zordo	1.96	1.71	1.40
Andreas Thorkidsen	2.39	1.89	1.84
Guillermo Martinez	2.51	1.99	1.45
M SD	2.29 (0.29)	1.86 (0.14)	1.56 (0.24)
Jung Sang Jin	1.96	1.6	2.61

* Distance from foul line

6. 시간요인

<Table 8>은 세 구간의 구간별 소요시간을 나타낸 것이다. 세 구간의 평균소요시간은 403±39 ms, 222±45 ms, 124±17 ms 로 나타났다. 세 구간의 소요거리에 비례하여 소요시간이 증가한 것으로 나타났다. 다만 우리나라의 정상진 선수의 경우 CP 구간의 거리가 짧은 데도 불구하고 소요시간은 길게 나타나 이 구간에서의 이동속도가 느렸다는 것을 알 수 있다.

Table 8. Phase time (ms)

	CP	DP	RP
Matthias de Zordo	366	253	140
Andreas Thorkidsen	400	170	107
Guillermo Martinez	443	243	124
M SD	403 (38.59)	222 (45.31)	124 (16.50)
Jung Sang Jin	410	180	130

Ⅳ. 논 의

투창동작 시 창의 투사속도, 투사각도, 투사높이, 신체분절각도, 크로스 스텝과 릴리즈구간의 소요거리 및 소요시간 등은 창의 수평거리에 영향을 미치는 주요 요인으로 이 연구는 2011년 대구세계육상선수권대회 3위 이내에 입상한 선수들과 우리나라 정상진선수의 동작에 대한 운동학적 변인을 분석하여 이를 토대로 우수 선수들의 기술구조에 대한 이해를 돕고 우리나라 선수의 기량향상을 위한 정량화된 자료를 제시하는 것이다. Hay(1978)는 투창운동의 최대 수평거리에 영향을 미치는 요인을 세분화하여 모델을 설정한 이후 다수의 선행 연구에서 선수들의 동작을 투사속도, 투사각, 신체각도, 투사높이 등을 중심으로 분석을 시도하였다(Ikegami, 1981; Miller & Munro, 1983; Komi & Mero, 1985; Best, Bartlett & Morris, 1993).

1. 투사속도

투사속도는 창의 투사거리에 가장 관련성이 큰 변수로 알려져 있다(Ikegami et al., 1981). Ynag, Cho와, Jung(2002)은 남자 우수선수의 경우 24.0 m/s 로 보고하였으며, Komi와 Mero(1985)는 LA올림픽 투창경기 결승에 참가한 남자선수 5명의 절대속도는 평균 27.36 m/s 이며, 특히 금메달리스트의 경우 릴리즈 시 절대속도는 29.12 m/s 라고 보고하였다. Gregor(1985)의 연구에 의하면 세계적인 선수였던 톰 페트라노프가 99.7m 의 기록을 달성할 때의 투사속도는 32.3 m/s 의 경이적인 속도가 발생한 것으로 보고하였다.

<Table 3>에 의하면 이번 대회 우승자의 투사속도는 29.9 m/s 로 다소 빠른 속도를 기록했으며 이 속도는 지난 2009 베를린 세계육상선수권대회 우승자의 29.3 m/s 보다 약간 더 빠

른 속도이다. 비거리에 가장 영향을 미치는 투사속도에서 우리나라의 정상진 선수는 27.6 m/s로 세계적인 선수들에 비해 많은 차이가 나타났다. 투사속도가 느린 이유는 세 구간의 동작 연결이 자연스럽게 이루어지지 못해 운동량전이가 원활히 이루어지지 못한 것으로 판단된다.

릴리즈 순간의 몸통중심 속도에서 메달리스트 3명의 평균속도가 우리나라 정상진 선수보다 0.22m/s 더 빠르게 나타났다. 릴리즈 순간 몸통중심 속도가 크다는 것은 상체가 지지다리보다 전방으로 이동할 때 지지다리가 신체의 질량과 속도의 곱인 운동량(momentum)을 급격히 감소시켜 보다 많은 운동에너지가 몸통으로 전이되어져 투척방향인 전방으로 상체와 상지가 더 빠르게 추진되어졌다는 것을 의미한다. 이러한 현상은 결과적으로 창에 가해지는 추진력이 증가되어지는 이유가 될 수 있을 것이다. 따라서 우리나라 정상진 선수가 릴리즈 순간의 속도를 높이기 위해서 하지로부터 상지로의 효율적인 운동량 전달을 위한 기술적인 부분의 보완이 요구되어진다.

2. 투사각도

투사속도 다음으로 창의 비행거리에 영향을 미치는 중요한 역학적 요인은 투사각, 자세각, 공격각을 들 수 있다. Ecker(1976)는 투창경기의 최적 릴리스각은 일반적으로 34~36° 사이라고 알려져 있지만 34° 이하 또는 40° 이상의 각도에서도 좋은 기록이 나오는 경우도 있으며 이는 투사방법의 차이, 기류상태의 차이에 따라 최적각도가 달라지는 것이라고 하였다.

Morris와 Barlett(1996), Mero et al.(1994), Best et al.(1993), Whiting et al.(1991)의 연구에 따르면, 효율적인 투사는 공격각의 크기가 작게 나타나는 것이라고 보고하였다. Mero et al.(1994)의 연구에서는 자세각과 투사각이 각각 평균 31°와 32°를 보였고, Whiting et al.(1991)의 연구에서는 각각 38°와 36°로 1~2°의 공격각이 나타남을 보고하였다.

A. Thorkildsen(NOR)는 지난 2009년 베를린 대회의 기록보다 4 m 정도 부족한 84.78 m로 은메달을 차지하였는데 베를린 대회 기록과 비교해보면 투사각은 35.9°로 1.7° 낮아졌지만 투사각과 자세각의 차이인 공격각에선 3.3°로 지난 대회보다 3° 증가한 것으로 나타났다. 따라서 2011년 대구세계육상선수권대회에서 A. Thorkildsen(NOR)이 우승하지 못한 이유는 낮은 투사각도와 큰 공격각에서 그 원인을 찾을 수 있을 것이다. 투사각을 볼 때 상위권에 입상한 선수들은 그렇지 않은 선수들에 비해 약간 높게 나타났으며 이는 적절하게 높은 투사각이 최적의 투사거리를 위해서 필요한 것으로 사료된다.

우리나라 정상진 선수는 투사각이 다소 높은 42.3°, 자세각이 42.0°를 나타내어 입상권 선수들과 큰 차이를 나타났다. 비록 공격각에 있어서는 0.3° 로 창이 속도벡터와 거의 일치하게 투사되기는 하였으나 너무 큰 투사각과 자세각이 수평거리에 부정적인 영향을 미친 것으로 생각된다. Ecker(1976)에 의하면 40° 이상의 각도에서도 좋은 기록이 나올 수도 있다고는 하였으나 이것은 어디까지나 투사방법의 차이 또는 기류상태의 차이를 고려할 경우라고 볼 수 있으며 40° 이상의 투사각과 자세각은 공기저항 등의 요인으로 인해 수평거리에 부정적인 결과를 가져온 원인으로 생각된다.

3. 투사높이

투사높이는 지렛대 역할을 하는 신장과 팔의 길이에 의해 결정되며, Yang et al.(2002)은 높은 위치에서 적절한 각도로 투사될 때 최대의 수평거리를 얻을 수 있다고 하였다.

남자선수들을 대상으로 분석한 Campos, Brizuerla, Ramon과 Gamez(2002)에 연구에 따르면 86.45±2.31m 를 던지는 세계정상급 선수들의 경우 1.97m의 투사높이가 발생하였고, 68.39±2.78m 의 기록을 낸 선수들에 있어서는 1.90m 의 투사높이를 나타내어 기록이 우수할수록 높은 위치에서 투사 되는 것으로 보고하였다.

투사높이를 증가시키기 위해서는 릴리즈 순간 지지다리를 신전시킨 상태에서 신체중심 높이를 증가시켜야 한다. Lee(2003), Mero와 Komi(1994)의 연구에 따르면, 지지발 착지 시 신체중심은 낮은 자세로 착지한 후 투사 순간 신체중심이 높아져야만 몸의 아치(arch)형태가 유지되고 상지분절의 속도와 투사높이가 증가하여 기록에 좋은 영향을 주는 것으로 보고하였다.

본 연구에서 투사높이는 입상권 선수들의 평균이 2.00±0.07 m로 Campos et al.(2002)의 연구결과인 세계정상급 선수들의 투사높이와 거의 유사한 결과가 나타났다. 하지만 우리나라 정상진 선수는 이들에 비해 매우 낮은 1.76m 의 투사높이를 기록하였다. 이러한 결과는 우리나라 선수와 세계적인 선수들간의 체격적요인의 차이에서 발생된다고 생각된다.

4. 투사순간의 신체분절의 기울기 각도

투사 동작에 영향을 주는 역학적 변인으로 신체분절의 기울기 각도를 분석하였다.

본 연구에서 메달리스트 3명의 상체의 전경각 평균이 49.5±4.6°인 반면 정상진 선수는 43.9°로 상체가 좀 더 숙여진 상태에서 투사가 이루어졌다는 것을 알 수 있다.

Lee(2002)에 의하면, 릴리즈 시 힘의 전달은 몸통, 상완, 전완, 손목, 그리고 창으로 전달되기 때문에, 투사 시 효율적인 동작은 창의 진행방향에 맞추어 전경자세를 취해야 하는 것으로 보고하고 있다. 뿐만 아니라 Lee(2003)의 연구에서도 투사 시

기록이 좋을수록 전경자세가 큰 것으로 보고하였다. 하지만 지나치게 큰 전경자세는 투사각을 증가시키는 원인이 될 수도 있다.

정상진 선수의 경우 전경각이 과도하게 증가하여 투사각과 자세각에 영향을 미쳐 전체적인 투사거리에 부정적인 결과를 가져온 것으로 생각된다. 상완분절과 전완분절의 기울기 각을 살펴보면 입상권 선수들 보다 큰 전경각을 보이는 정상진 선수의 경우 상완분절과 전완분절은 수평면에 대해 높은 기울기각이 발생하였고 이러한 현상이 결과적으로 창의 투사각도 증가를 유발시킨 것으로 생각된다.

5. 거리요인 및 시간요인

창던지기 선수가 도움닫기 후 크로스 스텝에 들어서는 순간부터 릴리즈까지의 구간인 CP, DP, RP 구간은 도움닫기를 통해 얻은 운동량을 창에 효율적으로 전달하기 위해 기술적인 부분이 강조되어진다. 일반적으로 CP 구간의 거리가 DP 구간보다 더 길며, 이는 하지를 최대한 몸통 아래 전방쪽으로 이동시켜 선수의 몸통이 투척방향과 반대방향으로 후방경사를 이루게 하여 힘의 작용거리와 시간을 증가시켜야 한다.

DP 구간 역시 발을 전방으로 길게 내디뎌야 하며 힘을 가할 수 있는 넓은 기저면을 확보하는 것이 중요하다. DP 구간에서 넓은 기저면의 확보는 선수의 골반과 어깨를 신체의 후방으로 멀리 회전시켜 힘의 작용시간을 증가시키고 동시에 효율적인 근육의 신장-단축 사이클을 발생시킨다.

이러한 관점에서 볼 때, 메달리스트들과 정상진 선수의 차이를 살펴보면 CP 구간이 2.29 m(메달리스트), 1.96 m(정상진)를 보였으며, DP 구간은 1.86 m(메달리스트), 1.60 m(정상진)로 나타났다. 거리와 시간요인을 바탕으로 각 구간별 속도를 살펴보면 CP 구간이 5.68 m/s(메달리스트), 4.78 m/s(정상진)를 보였으며, DP 구간은 8.38 m/s(메달리스트), 8.89 m/s(정상진)로 나타났다. CP 구간에서는 입상권 선수들의 속도가 정상진 선수보다 더 빠른 반면, DP 구간에서는 정상진 선수가 입상권 선수들 보다 더 빠른 속도를 나타내었다.

Kim(1993), Oh와 Cho(2003)는 크로스 스텝에서 릴리즈 순간까지 적절한 스텝거리와 속도 변화 없이 연속성 있는 도약동작을 수행하는 것이 중요하다고 보고하였다. 정상진 선수의 경우 도움닫기 속도를 크로스 스텝에서 리드미컬하게 연결하지 못하였고 DP 구간에서는 빠른 스텝과 및 동작이 발생되었음을 알 수 있다. 따라서 정상진 선수가 도움닫기 속도를 최대한 이용하여 CP 구간 속도를 높인다면 더 좋은 기록달성이 가능할 것으로 생각된다. 또한 릴리즈 후 파울라인까지의 거리에서는 정상진 선수가 2.61 m를 기록함으로써 입상권 선수들의 평균치인 1.56±0.24 m 에 비해 1 m 이상 거리 손실을 보였다. 따라서 이러한 점들을 감안한 스텝거리 조정 및 연속적이고 리드미컬한 도약동작의 기술적 보완이 필요할 것으로 생각된다.

V. 결 론

이 연구는 2011 대구세계육상선수권대회 창던지기결승에서 입상한 남자 3명의 선수들과 우리나라 정상진 선수의 실제 경기장면을 촬영하여 CP, DP, RP 국면에 대한 운동학적 변인을 분석하여 우리나라 선수의 기량향상을 위한 정량적인 정보를 제공하는데 그 목적이 있다.

본 연구에서는 창의 비행거리에 영향을 미치는 중요한 변인으로 릴리즈 속도, 릴리즈 각도, 자세각, 공격각, 투사높이, 신체분절의 기울기 각, 구간별 거리 및 시간요인을 분석하였다.

투사각도는 투사방법의 차이와 기류상태에 따라 최적각도가 달라지기는 하나 본 연구에서는 투사각 36.6±0.70°(메달리스트), 42.3°(정상진), 자세각 38.4±2.40°(메달리스트), 42.0°(정상진), 공격각 2.7±0.79°(메달리스트), 0.3°(정상진)로 나타났다. 공격각에 있어서는 정상진 선수가 효율적인 동작을 수행하였지만 투사각과 자세각이 다소 높게 나타나 투사거리에 부정적인 결과가 발생하였다. 투사높이는 높을수록 투사거리에 유리하게 작용하지만 정상진 선수는 세계적인 선수들과 신장 및 팔 길이 등의 체격적인 차이로 인해 낮은 투사높이를 나타내었다.

신체분절의 기울기각은 정상진 선수의 몸통분절이 릴리즈 순간 세계적인 선수들 보다 다소 큰 전경각이 발생되었고 동시에 상완분절과 전완분절이 수평면에 대한 큰 기울기각이 나타남으로써 창의 투사각도가 증가되는 결과를 초래하였다.

세 국면의 소요시간과 소요거리는 메달리스트들과 정상진 선수 모두 CP 구간이 DP 구간보다 더 큰 소요시간과 보폭이 발생되었다. 하지만 정상진 선수의 경우 구간별 속도에서 DP 국면은 빠른 이동속도가 발생되어진 반면 CP 구간에서는 느린 속도가 발생되어, 도움닫기에서 CP 구간으로의 연속적이고 리드미컬한 동작 발생을 위한 기술적 보완이 요구되어진다.

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., Muller, E., Lindinger, S., Brunner, F., & Morris C.(1996). Three-dimensional evaluation of the kinematic release parameters for javelin throwers of different skill levels. *Journal of Applied Biomechanics*, 12, 72-87.

Best, RJ., Bartlett Rm, Morris CJ.(1993). A three-dimensional analysis of javelin throwing technique. *Journal of Sports Science*, 11, 315-328.

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.

Ecker, T.(1976). *Track and Field Technique Through Dynamics*. California: Tafnews Press.

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

Hay, J.G.(1978). *The Biomechanical of Sports Techniques*. Englewood Cliffs, NJ:Prentice-H all.

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

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

Kim, H. C.(2003). *Kinematical analysis of the javelin throwing motion*. Unpublished Master's Thesis, Graduate School of Sunchon National University.

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 the javelin throwers. *International Journal of Sports Biomechanics* 1(2), 139-150.

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

Lee, J. H., Kim, J. P., & Lee, Y. J.(2000). Kinematical analysis of javelin throwing. *International Journal of Human Movement Science*, 39(4), 727-735

Lee, Y. S.(2003). *The kinematic analysis of the last stride and release motion in the women javelin*. Unpublished Master's Thesis, Graduate School of Korea National Sport University.

Li, B.(2000). Biomechanical analysis on the final throwing technique for Chinese elite college male javelin athletes. *Journal of Beijing Teachers College of Physical Education*, 12(2), 42-46.

Mero, A., Komi, P.V., Kotjus, T., Navarro, E., & Gregor, R.G.(1994). Body segment contributions to javelin throwing during final thrust phase. *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.

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.

Seo, H. Y.(1989). *The effects of run-up distance in the throwing motion and throwing distance in javelin throwing*. Unpublished Doctoral Thesis, Graduate School of Seoul National University.

Wang, L.(1997). Study on skills of left leg in the course of final effort in Chinese elite women javelin throwers. *Journal of Beijing Sport University*, 20(3), 73-78.

Whitting, W.C., Gregor, R.J., & Halushka, M.(1991). Body segment and Release Parameter contributions to new-rules javelin throwing. *International Journal of Sports Biomechanics*, 7, 111-124.

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.

Zang, B.(2001). Biomechanics analysis of left leg movement in final force of javelin throw. *Journal of Hubei Sports Science*, 20(3), 45-47.