



한국운동역학회지, 2004, 제14권 1호, pp. 51-63  
Korean Journal of Sport Biomechanics  
2004, Vol. 14, No. 1, pp. 51-63

## 여자 창던지기 도움달기 최종 1보 착지와 릴리즈 국면의 운동학적 분석

홍순모\* · 이영선\*\* · 김태삼\*\*(한국체육대학교)

### ABSTRACT

#### The Kinematic Analysis of the Last Stride Landing and Release Phase in the Women Javelin

Hong, Soon-Mo\* · Lee, Young-Sun\*\* · Kim, Tea-Sam\*\*(Korea National Sport University)

S. M. HONG, Y. S. LEE, T. S. Kim. The Kinematic Analysis of the Last Stride Landing and Release Phase in the Woman Javelin. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 14, No. 1, pp. 51-63, 2004. The purpose of this study was to investigate a three dimensional kinematic variables about the last stride and the release phase of the throwing technique for female javelin throwers. For the motion analysis, Six female javelin throwers were used as subjects. Three-dimensional coordinates were collected using the Kwon3D Motion Analysis Package Version 2.1 Program. Two S-VHS Video Cameras were used to record the locations and orientations of control object and the performances of the subjects at a frequency of 6.0 HZ. After the kinematic variables such as the

---

투 고 일 : 2004년 2월 15일 접수

심 사 일 : 2004년 3월 8일

심사완료일 : 2004년 4월 5일

\* Corresponding Author, 교수, 138-763 서울시 송파구 오륜동 88-15 한국체육대학교 경기지도과

연락처 : hong@knsu.ac.kr, Tel : 02-410-6875

\*\* 대학원생, 138-763 서울시 송파구 오륜동 88-15 한국체육대학교

time, the distance, the velocity, and the angle were analyzed about the last stride and release phase, the followings were achieved;

1. For the effectively javelin throwing, the subjects appeared to do long the approach time in the phase1 of landing phase, and short the delivery time in release phase
2. In the release event, the other subjects except for subject A appeared to throwing in the lower condition than the height of themselves. This result showed to slow the projecion velocity.
3. For increase the projection vcelocity of the upper extremity joint in the release event, it appeared to do extend rather the shoulder angle than increase the extension of elbow joint.
4. The body of COG angle showed to gradually increase nearly at the vertical axis in the release event. But the front lean angle of trunk showed a small angle compare to increase of the body of COG angle. Therefore for the effectively momentum transmission of the whole body in the javelin, the front and back lean angle of trunk appeared to do fastly transfer the angle displacement in the arch posture or the crescent condition during the deliverly motion of the release phase.

KEY WORDS : BODY OF COG ANGLE, FRONT AND BACK LEAN ANGLE OF TRUNK, ARCH POSTURE, JAVELIN

## I. 서 론

### 1. 연구의 필요성

창던지기는 고대 올림픽경기에서부터 채택 되어온 육상 경기 종목의 하나로 근래에 와서는 쿠바, 독일, 핀란드, 등지에서 발전하고 있으며, 여자 창던지기는 2.2-2.4m의 길이와 600g의 무게를 가지고 씨클이 아닌 너비 4m와 거리 35m의 구역에서 도움닫기를 이용하여 얼마나 멀리 던지는가 하는 기록경기이다. 체격과 체력면에 있어서 열세에 있는 우리나라 선수들의 경우 유럽과 서양 선수들에 비해 20m 이상의 기록 차이를 보이는 현실에 직면하고 있는 실정에서 경기력에 결정적으로 작용하는 요인으로 던지기 자세와 운동역학적 측면에서 가장 중요시되고 있다.

이러한 창던지기 기술에서 기록에 영향을 미치는 요인으로 창의 투사속도, 투사높이, 투사각도, 그리고 비행에 영향을 주는 기체 역학적인 요인들이 있다. 투사속도는 도움닫기의 스피드와 힘을 창에 작용하는 점진적인 속도와 가속도 그리고 팔의 가속도에 의해 결정되며(윤희중, 홍순모, 김태삼, 2000), 투사 높이는

지레 역할을 하는 신장과 팔의 길이에 의해 결정되므로, 높은 위치에서 적절한 각도로 투사될 때 최대의 수평거리를 얻을 수 있다(양동영, 조필환, 정남주, 2002). 최규정(1988)에 의하면, 릴리즈 속도, 릴리즈 각, 자세 각, 공격 각, 릴리즈 높이 및 공기저항 등이 투창 경기력의 주요 요인으로 작용하지만, 어떤 요인도 개별적으로 경기력에 영향을 주지 못하며, 이들 요인들을 복합적으로 수행하는 것이 중요하다고 지적하였다.

창던지기의 운동학적 선행연구들을 보면, Hubbard(1989)는 릴리즈 순간에 있어서 위치, 속도, 자세, 각 속도가 최적의 조건에서 이루어져야만이 최대의 비행거리를 얻을 수 있다고 보고하였으며, Ikegami(1981) 등은 비행거리를 증가시키기 위해서는 최대한 가속도를 크게 함으로써 릴리즈의 순간 속도를 최대로 끌어 올려야 하고, Rich(1984) 등은 최대 비행거리를 얻기 위해서는 속도와 각도변인들의 상호작용에 의해서 이루어지며, 릴리즈 속도와 높이는 체격과 체력적인 조건에 차이가 있다고 하였다. Komi & Mero(1985), Ikegami(1981) 등은 도움닫기 속도와 투척거리와의 유의한 관계에 대하여 보고하였다. Bartlett(1982), Hay(1985)는 크로스스텝과 도움닫기 속도의 특성에 대하여 보고하였다. Miller & Munro(1983)는 도움닫기 스텝과 릴리즈 동작에 대하여 엘리트 선수를 대상으로 연구하였으며, Bartlett & Best(1988)는 릴리즈 속도의 증가와 릴리즈 할 때 최대로 도달할 수 있는 거리에 대하여 보고하였다. Bosen(1981)은 창을 던지는 순간 지지발과 창의 속도를 가속시키는 운동역학적 분석에 대하여 보고하였다. Ikegami(1981), Terauds(1978)는 릴리즈 각과 투척거리에 대하여 보고하였으며, Mero(1994)은 릴리즈에 따른 각 분절의 기여도를 분석한 결과, 어깨, 팔꿈치, 손목, 손 순으로 관절 중심도가 크게 증가하였다고 보고하였다. Roger & Russell(1988)은 최대 릴리즈 속도와 무릎 굴곡과 기록과의 관계에 대하여 보고하였다. 이러한 연구를 바탕으로 여자창던지기 선수들에 대한 운동학적 분석을 통해 선수들의 경기력 향상을 위한 기초자료로 제공하는데 있다. 특히 국내 여자선수들을 대상으로한 연구가 미비한 실정에 있어, 여자 창던지기 선수들을 대상으로 분석하는데에 매우 중요한 의미를 갖는다. 뿐만아니라 최대한 창을 멀리 던지기 위해서는 어떤 착지 동작을 취해야 하는가에 대한 해답은 아직 명확하게 밝혀지지 못하고 있다. 따라서 이 연구는 마지막 도움닫기와 릴리즈 동작에 따라 릴리즈 국면에 나타나는 운동학적 요인을 분석하는데 있다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구대상

이 연구의 대상자는 2002년 6월 제 56회 전국 육상선수권 대회 여자 일반부 창던지기 결승에 진출한 선수 중 상위 6명을 선정하였으며, 이들의 개인적 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 연구대상자의 특성

Subject	신장 (cm).	체중 (kg).	최고기록 (m).	측정기록 (m).	경력 (yrs).
A	165	63	58.17	56.72	17
B	174	77	56.60	56.64	13
C	166	58	55.38	54.16	12
D	169	70	56.10	47.98	14
E	170	68	49.89	45.24	7
F	170	58	46.03	44.14	10
M	169.0	65.7	53.7	50.8	12.2
SD	3.22	7.45	4.70	5.72	3.43

## 2. 실험 도구

이 연구의 도움단기와 릴리즈 동작 분석을 위해 사용된 실험장비는 촬영장비와 분석장비로 분류하였으며, 그 자세한 사항은 <표 2>와 같다.

표 2. 실험장비의 구성

	기기명	제품명	제작사
촬영장비	Video camera	Panasonic D5100	Panasonic
	Control object	Variable control objecvt	V-TEC
	Time code	Horita SR-50	Horita
	Video tape	S-VHS	SKC
분석장비	VCR	AG-7350	Panasonic
	Movitor	PVM-1942Q	Sory
	Analysis program	Kwon3D Ver2.1	V-TEC
	Computer	486-DX	LG

## 3. 실험 절차

실제 경기에 앞서 공간좌표 설정을 위해 길이, 높이, 폭의 크기가 4×3×1m인 통제점 틀을 만들어 최종 착지발과 릴리즈 동작을 완전히 포함 할 수 있도록 위치시킨 후, 두 대의 비디오 카메라를 이용하여 2분 간 촬영하였으며, 던지는 팔의 동작을 정확하게 촬영하기 위해 한 대는 주행로를 중심으로 10도 측면에서 촬영하였다. 다른 한 대는 경기에 지장을 주지 않는 범위에서 선수의 70도 정도의 각도에서 촬영하여 두 카메라 사이의 광축 사이각을 80도로 설정하였다. 이 연구에서의 자료분석을 위한 동작은 6차 시도에서 기록이 가장 좋은 것만을 선택하여 분석하였다.

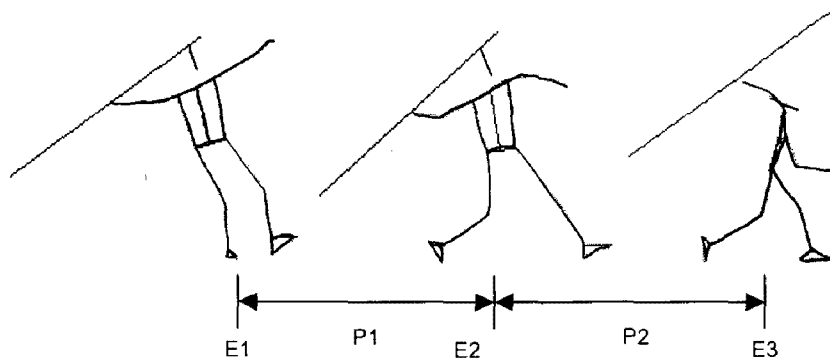
#### 4. 자료처리

이 연구의 자료처리는 Kwon3D version 2.1 motion analysis of package가 사용되었다. 자료처리과정은 36개의 통제점을 이용하여 실 공간 좌표가 계산된 후 인체의 3차원 좌표가 얻어졌다. 이때 축 정의는 좌우 방향을 X축, 운동 진행 방향을 Y축, 수직 방향을 Z축으로 정의하였다.

인체의 모델은 총 21개의 관절점에 의한 13개의 신체 분절로 연결된 강체 시스템으로 정의하고, 각 분절의 무게중심과 전체 무게중심의 위치를 계산하기 위한 인체 분절 모수치(body segment parameters)는 Plagenhoef(1983)의 자료를 이용하였다.

각 각의 카메라로부터 얻은 2차원 좌표는 3차 스플라인 함수를 이용, 0.01초 간격으로 보간하여 동조시켰다. 또한 3차원 좌표는 Abdel-Aziz와 Kararah(1971)가 개발한 DLT(direct linear transformation)방법에 의해 계산되었으며, 이때 디지털링 등과 같은 여러 가지 원인에 의해 노이즈가 발생하는데 이러한 노이즈에 의한 오차 제거를 위해 Butterworth 2차 저역 통과 필터(low-pass filter)를 이용하여 스무딩(smoothing) 하였고, 차단 주파수는 6.0Hz로 설정하였다.

각 관절의 각도 정의를 살펴보면, 신체각은 우측과 좌측발이 지면에 착지하는 순간 발분절의 중심과 신체 중심을 잇는 벡터와 Y축과 이루는 절대각으로 정의하였으며, 상체전경각은 몸통과 수직축이 이루는 절대각, 어깨각은 몸통과 상완이 이루는 상대각, 팔꿈치각은 상완과 전완이 이루는 상대각으로 각각 정의하였다. 이 연구의 분석 국면<그림 1>은 총 2개의 국면으로 분류하여 국면별 운동학적 변인들을 분석하였다.



<Event 구분>

- E1: 힘발 착지
- E2: 지지발 착지
- E3: 릴리즈

<Phase구분>

- P1(지지국면) : 힘발 착지부터 지지발 착지순간까지
- P2(릴리즈국면) : 지지발 착지순간부터 릴리즈까지

그림 1. 분석 구간 및 국면.

### Ⅲ. 결과 및 논의

#### 1. 착지국면

<표 3>는 착지국면에 대한 운동학적 특성을 나타낸 것이다. 힘발이 지면에서 착지하는 순간부터 지지발이 착지하는 순간까지의 1국면에 대한 수행시간을 살펴보면, 평균  $0.15 \pm 0.02\text{sec}$ 로 Mero et al(1994)의  $0.21 \pm 0.03\text{sec}$ 보다 다소 빠른 수행시간을 나타냈다. Mero et al(1994)에 의하면, 힘발에서 지지발 착지까지의 소요시간이 길면, 보폭이 커짐에 따라 신체중심을 낮추면서 창에 전달되는 운동량을 크게 전달시키는 특성을 가지고 있다고 보고하였다. 가장 긴 시간을 보인 피험자는 A로  $0.19\text{sec}$ 를 나타냈고, 가장 짧은 시간을 보인 피험자는 B, D, E로서  $0.14\text{sec}$ 의 시간을 나타내면서 피험자간에 다소의 편차를 나타냈다.

신체중심의 수평이동변위를 살펴보면,  $88.7 \pm 19.34\text{cm}$ 로 피험자간에 많은 편차를 보이는 것으로 나타내면서, 신장에 따른 비율로 볼때, 피험자 F가  $108.2\text{cm}$ 로 가장 큰 변위를 나타냈고, 피험자 D는  $61.9\text{cm}$ 로 가장 짧은 변위를 각각 나타냈다.

이동변위가 크게 나타나는 것은 지지발 착지 시 후경자세를 취하면서 릴리즈 동작을 하기 위한 것으로 생각되며, 짧은 이동변위는 신체중심을 앞으로 전향시키는 것으로 볼 수 있는데, 좋은 기록을 내기 위해서는 지지발 착지부터 릴리즈 동작 시까지 상체를 후경자세로 취하면서 최대한 전경자세로 밀고 나오면서 운동량을 증가시키는 것이 중요하다고 볼 수 있다.

그에따른 신체중심의 높이 변화를 보면, 이동변위가 큰 피험자 일수록 신체중심 높이 변화가 크게 나타나는 것으로 나타났는데, Bosen(1981)에 의하면, 지지발과 힘발 사이의 보폭이 지나치게 넓으면, 신체중심이 낮아지면서 궁형의 정도는 심해져 근육의 탄력적 수축력은 높일 수 있으나, 신체중심과 릴리즈 높이는 줄어들어 신체중심의 높이에 따른 거리는 줄어들게 된다고 제시한 것처럼, 이 연구에 있어서도 신체중심의 높이변화가 평균  $-10.92 \pm 3.30\text{cm}$ 를 나타냈고, 높이변화가  $-9.9\text{cm}$ 와  $6.2\text{cm}$ 로 작은 변화를 나타낸 피험자(A, B)가 좋은 기록을 나타내는 것으로 나타났다.

상지관절점에 대한 수직 위치변화를 살펴보면, 어깨의 경우는  $114.7 \pm 4.06\text{cm}$ 에서  $106.3 \pm 4.64\text{cm}$ 로, 팔꿈치의 경우는  $107.7 \pm 4.96\text{cm}$ 에서  $106.3 \pm 4.64\text{cm}$ 로, 손목의 경우는  $106.3 \pm 6.19\text{cm}$ 에서  $102.3 \pm 5.69\text{cm}$ 로 관절점의 수직위치가 낮아지는 것으로 나타났다. 힘발 착지 시 높았던 자세가 지지발 착지와 함께 낮아지는 것을 볼 수 있는데, 이는 원위 분절의 속도를 증가시키기 위해서 인체중심을 낮추면서 팔을 최대한 뻗어 릴리즈 동작을 준비 하는 것으로 볼 수 있다.

상지관절의 속도변화를 살펴보면, 힘발 착지순간보다 지지발 착지순간에서 관절속도가 빠르게 증가하는 것으로 나타났는데, 이러한 현상은 지지발이 착지함에 따라서 릴리즈 동작을 준비하는 것으로 볼 수 있다. 피험자 A, C와 F는 지지발 착지에서도 큰 속도의 변화를 보이지 않는 반면에, 피험자 B, D, E는 손목과 팔꿈치 관절에서 각각  $8.64\text{m/s}$ ,  $10.30\text{m/s}$ ,  $7.75\text{m/s}$ 와  $8.08\text{m/s}$ ,  $8.37\text{m/s}$ ,  $8.21\text{m/s}$ 로 빠른 속도의 변화를

보이면서 지지발 착지 이전부터 릴리즈 동작 시작되는 것으로 나타나, 지지발 착지에 따른 운동량을 전달 시키지 못하고 창을 던지는 것으로 나타났다.

표 3. 지지국면에 대한 운동학적 특성

Variables	Subjects						M±SD
	A	B	C	D	E	F	
Landing Time(sec)	0.19	0.14	0.16	0.14	0.14	0.18	0.15±0.02
Horizontal DCOG, cm	97.3	71.2	108.3	61.9	85.4	108.1	88.7±19.34
Vertical DCOG, cm	-9.9	-6.2	-10.0	-10.0	-15.4	-14.0	-10.92±3.30
H <sub>V</sub> of SH at TD(FF),cm	118.0	113.1	116.5	108.6	112.4	119.5	114.7±4.06
H <sub>V</sub> of EL at TD(FF),cm	112.2	106.1	106.4	103.4	108.0	115.3	107.7±4.96
H <sub>V</sub> of WR at TD(FF),cm	111.1	102.3	99.8	102.3	106.5	116.0	106.3±6.19
H <sub>V</sub> of SH at TD(SF),cm	114.0	105.1	108.2	100.2	103.8	106.5	106.3±4.64
H <sub>V</sub> of EL at TD(SF),cm	101.1	93.0	101.2	92.4	100.3	97.4	97.6±4.02
H <sub>V</sub> of SH at TD(SF),cm	105.1	100.8	110.4	93.9	99.0	104.5	102.3±5.69
V <sub>H</sub> of COG at TD(FF), m/s	5.47	5.02	4.97	5.47	4.96	5.34	5.14±0.21
V <sub>H</sub> of COG at TD(SF), m/s	4.83	4.78	4.11	4.28	4.49	4.13	4.44±0.32
V <sub>V</sub> of COG at TD(FF), m/s	-0.94	-1.02	-0.97	-1.17	-1.02	-1.06	-1.03±0.08
V <sub>V</sub> of COG at TD(SF), m/s	-0.15	-0.23	-0.35	-0.28	-0.20	-0.49	-0.28±0.12
V <sub>R</sub> of SH at TD(FF), m/s	4.72	4.93	4.85	5.58	4.96	5.63	5.11±0.39
V <sub>R</sub> of EL at TD(FF), m/s	5.14	5.51	5.47	5.26	4.85	6.03	5.37±0.34
V <sub>R</sub> of WR at TD(FF), m/s	5.40	4.99	5.37	5.31	4.93	5.57	5.26±0.25
V <sub>R</sub> of SH at TD(SF), m/s	6.30	5.87	6.17	6.60	7.13	5.79	6.31±0.50
V <sub>R</sub> of EL at TD(SF), m/s	6.79	8.08	5.13	8.37	8.21	5.95	7.09±1.35
V <sub>R</sub> of WR at TD(SF), m/s	6.31	8.64	5.87	10.30	7.75	6.85	7.62±1.65
Body angle at FF, deg	78.7	84.6	81.9	88.6	84.6	82.1	83.4±3.35
Body angle at SF, deg	74.8	79.4	86.0	75.3	78.0	76.3	78.3±4.14
Trunk lean angle at FF, deg	-14.8	-15.7	-24.1	-14.2	-6.8	-15.4	-15.2±5.50
Trunk lean angle at SF, deg	-11.2	-16.5	-15.0	-17.6	-7.1	-10.1	-12.9±4.09
Elbow angle at FF, deg	170.2	170.5	166.6	168.2	173.6	169.6	169.8±2.39
Elbow angle at SF, deg	143.5	107.7	133.5	144.2	133.8	142.6	134.2±13.86
Shoulder angle at FF, deg	99.7	95.1	98.0	100.9	88.2	104.0	97.7±5.50
Shoulder angle at SF, deg	111.3	128.0	123.3	110.6	98.6	113.3	114.2±10.38

DCOG = Displacement of body COG, V<sub>H</sub> = Horizontal velocity, V<sub>V</sub> = Vertical velocity, V<sub>R</sub> = Resultant velocity, TD = Touchdown on land, SF:Support Foot, FF:Force Foot, SH:Shoulder, EL:Elbow, WR:Wrist

신체중심의 속도변화를 살펴보면, 수평속도에 있어서는 피험자 모두 지지발이 착지함에 따라  $5.14 \pm 0.21 \text{m/s}$ 에서  $4.44 \pm 0.32 \text{m/s}$ 로 피험자가 많은 편차를 보이지 않고 감속하는 것으로 나타났고, Antti et al(1994)의 연구에서 나타난  $5.6 \pm 0.3 \text{m/s}$ 의 속도와 유사하게 나타났고, 수직속도에 있어서는 피험자간에 많은 편차없이  $-1.03 \pm 0.08 \text{m/s}$ 에서  $-0.28 \pm 0.12 \text{m/s}$ 로 감속하는 것으로 나타났다.

각도요인에 특성을 살펴보면, 각도요인은 좌·우측발 중심과 신체중심점을 잇는 벡터와의 신체접지각, 상체전후경각, 팔꿈치와 어깨각을 살펴보았다. 힘발 착지 시 신체각은  $83.4 \pm 3.35 \text{deg}$ , 지지발 착지시에는  $78.3 \pm 4.14 \text{deg}$ 로 자세가 후방으로 젖혀지는 것으로 나타나면서 균형자세를 취하는 것으로 나타났고, 가장 작은 값을 보이는 피험자 A는  $74.8 \text{deg}$ 로 가장 큰 균형 자세를 취하는 것으로 나타났고, 피험자 C는  $86.0 \text{deg}$ 로 자세가 수직에 가까운 자세에서 지지발 착지가 이루어지는 것으로 나타났다. 신체각에 따른 상체전후경각을 살펴보면, 힘발 착지시에는  $-15.2 \pm 5.50 \text{deg}$ 를, 지지발 착지시에는  $-12.9 \pm 4.09 \text{deg}$ 를 나타내면서 피험자간에 많은 편차를 나타냈다. 피험자 A, C, F는 지지발이 착지함에 따라 상체후경각이 작아지는 반면에 피험자 B, D, E는 지지발이 착지함에 따라 상체후경각이 더 커지는 상반되는 특성을 나타냈다.

어깨와 팔꿈치각에 대한 특성을 살펴보면, 팔꿈치의 경우는 힘발 착지 시  $169.8 \pm 2.39 \text{deg}$ 의 신전된 상태에서  $134.2 \pm 13.86 \text{deg}$ 로 크게 굴곡되는 것으로 나타났지만 어깨각에 있어서는  $97.7 \pm 5.50 \text{deg}$ 에서  $114.2 \pm 10.38 \text{deg}$ 로 약  $20 \text{deg}$ 정도 신전되는 특성을 나타냈다. 특히 피험자 B의 경우는 팔꿈치각과 어깨각에 있어서 다른 피험자와 달리 팔꿈치가 크게 굴곡되는 것으로 나타났고, 그에따른 어깨도 크게 신전되는 특성을 나타냈다.

## 2. 릴리즈 국면

<표 4>은 지지발 착지부터 릴리즈 순간까지 나타난 운동학적 특성을 나타낸 것이다.

지지발 착지부터 릴리즈까지의 소요시간을 살펴보면,  $0.16 \pm 0.02 \text{sec}$ 의 시간을 나타냈고, 전체적인 수행시간에 있어서는  $0.31 \pm 0.02 \text{sec}$ 로 피험자간에 많은 편차없이 유사한 시간을 나타냈다.

특히 1국면에서의 소요시간이 긴 피험자(A, C)일수록 2국면에 짧은 수행시간을 보이는 것으로 나타났다. 윤희중 등(2000)의 연구 결과에 의하면, 1국면의 평균시간은  $0.20 \text{sec}$ 와 2국면의 평균시간은  $0.14 \text{sec}$ 로 나타나, 이 연구와 유사한 소요시간을 나타냈다.

신체중심의 수평 이동변위를 살펴보면,  $37.3 \pm 9.73 \text{cm}$ 로 피험자간에 많은 편차를 나타냈으며, 특히 피험자 A와 B의 경우는  $25.0 \text{cm}$ 와  $53.8 \text{cm}$ 로 상반되는 특성을 나타냈고, 1국면과 2국면의 전체적인 수평이동거리에 있어서는  $127.6 \pm 19.17 \text{cm}$ 로 피험자간에 많은 편차를 나타냈다. 기록이 다소 떨어지는 피험자 D와 F는 각각  $99.1 \text{cm}$ 와  $156.9 \text{cm}$ 를 각각 나타내면서 수평 이동변위가 작거나 크게 나타난 반면에 기록이 우수한 피험자 A와 B는  $122.3 \text{cm}$ 와  $125.0 \text{cm}$ 를 각각 나타냈다. 이동변위가 작은 경우는 지지발 착지 시 신체중심에 대한 브로킹을 제대로 할 수 없기 때문에 운동량을 원위분절에 전달시키지 못하는 경향을 나타내고, 반대로 이동변위가 크게 나타날 경우는 신체중심이 낮아지면서 델리버리동작을 연결시키지 못하는 특성을



나타낸다. 따라서 지지발 착지부터 릴리즈까지의 수평 이동변위는 신체중심이 지나치게 낮아지지 않는 범위 내에서 개개인에 맞는 자세를 취하는 것이 중요한 요인으로 생각된다.

표 4. 릴리즈 국면에 대한 운동학적 특성

Variables	Subjects	A	B	C	D	E	F	M±SD
Time(sec)		0.12	0.18	0.14	0.18	0.16	0.16	0.16±0.02
Total Time(sec)		0.31	0.32	0.30	0.29	0.30	0.34	0.31±0.02
Horizontal DCOG, cm		25.0	53.8	30.5	37.2	38.5	38.8	37.3±9.73
Total Horizontal DCOG, cm		122.3	125.0	138.5	99.1	123.9	156.9	127.6±19.17
Vertical DCOG, cm		9.5	8.6	4.0	4.0	3.7	4.6	5.73±2.60
H <sub>v</sub> of SH at RE,cm		137.0	122.2	125.5	110.4	114.5	119.9	121.6±9.29
H <sub>v</sub> of EL at RE,cm		161.8	139.8	147.8	131.0	131.1	143.1	142.4±11.58
H <sub>v</sub> of WR at RE,cm		175.8	148.7	158.6	144.0	144.1	155.0	154.4±12.02
V <sub>H</sub> of COG at RE, m/s		2.53	2.16	1.83	2.15	2.21	2.10	2.16±0.22
V <sub>v</sub> of COG at RE, m/s		0.93	0.87	0.68	0.45	1.01	0.91	0.81±0.21
V <sub>R</sub> of SH at RE, m/s		4.39	4.28	4.18	4.53	4.06	3.43	4.15±0.39
V <sub>R</sub> of EL at RE, m/s		9.06	7.63	9.84	9.69	8.31	8.22	8.79±0.88
V <sub>R</sub> of WR at RE, m/s		15.78	14.51	14.20	14.01	12.90	12.46	13.14±1.05
Body angle at RE, deg		84.7	100.6	106.8	91.7	95.0	87.9	94.5±8.20
Trunk lean angle at RE, deg		18.0	6.0	2.7	3.0	18.5	12.4	10.1±7.21
Elbow angle at RE, deg		124.3	116.0	124.4	134.3	143.1	138.3	130.1±10.19
Shoulder angle at RE, deg		144.2	138.8	136.5	140.0	126.3	132.2	136.3±6.31

DCOG = Displacement of body COG, V<sub>H</sub> = Horizontal velocity, V<sub>v</sub> = Vertical velocity,  
V<sub>R</sub> = Resultant velocity, RE: Release, SH : Shoulder, EL : Elbow, WR : Wrist

신체중심이 신체중심의 수직변화를 보면, 1국면보다 평균 5.73±2.60cm 증가하는 것으로 나타났으며, 피험자 A와 B는 9.5cm와 8.6cm를 나타내면서 기록이 우수한 피험자일수록 수직변화가 크게 나타나, Anti Mero(1994)와 윤희중 등(2000)의 연구에서 제시된 것처럼 기록이 우수한 선수일수록 릴리즈 시점에서의 신체 중심의 높이가 지지발 착지시보다 크게 증가하는 것과 같은 결과를 나타냈다.

릴리즈 순간 상지관절점의 높이를 살펴보면, 121.6±9.29cm, 142.4±11.58cm, 154.4±12.02cm로 기록이 우수한 선수일수록 높은 위치에서 릴리즈 동작을 취하는 것으로 나타났는데, Miller & Munro(1983), Gregor & Pink(1985), Bartlett & Best(1988)의 연구에 의하면, 릴리즈 순간 창 의 높이는 자신의 신장보다 15-30cm 정도 높게 이루어져야 한다고 보고하였고, Hay(1978)에 의하면, 릴리즈 높이는 투척거리를 결정짓는 중요한 요인으로 가능한 높은 지점에서 릴리즈 하는 것이 유리하다고 보고하였다.

그러나 Terauds(1978)과 Rich et al(1985)에 의하면, 투척거리와 릴리즈 높이와는 유의한 관계가 없다고

지적하면서 릴리즈 순간에는 머리 위로 똑바로 던지며, 상체는 뒤로 젖혀진 상태에서 릴리즈 동작이 이루어져야 한다고 보고하였다. 그러나 이 연구에서는 피험자 A를 제외한 모든 피험자들이 자신의 신장 보다 낮은 곳에서 릴리즈 동작을 취하는 것으로 나타나, 델리버리 동작 시 상지분절의 운동량을 전달시키지 못한 상태에서 창을 투사하는 것으로 볼 수 있다. 신체중심의 수평속도와 수직속도에 대한 특성을 보면, 지지발 착지순간보다 크게 감소하는 것으로 나타났는데, 지지발 착지의  $4.44 \pm 0.32 \text{m/s}$ 에서 릴리즈 순간의  $2.16 \pm 0.22 \text{m/s}$ 로 약  $2 \text{m/s}$  이상 감속도를 나타냈고, 수직속도에 있어서는  $-0.28 \pm 0.12 \text{m/s}$ 에서  $0.81 \pm 0.21 \text{m/s}$ 로 약  $1 \text{m/s}$  이상 수직속도가 증가하는 것으로 나타났다. 특히 수평속도 보다는 수직속도에서 피험자간에 많은 편차를 나타내고 있는데, 효과적인 운동량을 원위분절에 전달시켜 보다 큰 투사거리를 크게하기 위해서는 릴리즈 순간에 있어서 수평속도를 수직속도로 최대한 전환시켜야 하는 것으로 나타났다.

릴리즈 속도는 투사거리와 직접적인 관련(Komi & Mero, 1985; Miller & Munro, 1983; Terauds, 1978)이 있는데 상지관절에 대한 합성속도를 살펴보면, 어깨, 팔꿈치, 손목이 각각  $4.15 \pm 0.39 \text{m/s}$ ,  $8.79 \pm 0.88 \text{m/s}$ ,  $13.14 \pm 1.05 \text{m/s}$ 로 각각 나타내면서 원위 분절로 갈수록 피험자간에 편차가 커지는 것으로 나타났고, 기록이 우수한 선수일수록 그에 따른 원위분절의 속도가 크게 나타났다. 윤희중 등(2000)의 연구에서는 릴리즈 순간에 손목이  $16.41 \text{m/s}$ , 팔꿈치는  $7.52 \text{m/s}$ , 어깨는  $4.11 \text{m/s}$ 의 속도를 보여, 어깨와 팔꿈치의 경우는 유사한 속도를 나타냈지만, 손목에서 많은 차이를 보이는 것으로 나타났다. Mero et al(1994)의 연구에서는 손목은  $18.4 \text{m/s}$ , 팔꿈치는  $13.6 \text{m/s}$ , 어깨는  $7.5 \text{m/s}$ 의 속도를 보여 국외선수들과는 많은 속도의 차이를 나타냈다. 이러한 차이점은 상지분절의 높이에서 살펴보았듯이, 자신의 신장보다 낮은 위치에서 릴리즈 동작이 이루어져 원위분절에 대한 속도를 최대한 전달시키지 못하고 릴리즈 동작이 이루어지기 때문인 것으로 사료된다.

릴리즈 순간의 신체각을 보면, 피험자 A와 F는  $84.7 \text{deg}$ 와  $87.9 \text{deg}$ 를 나타내면서 수직보다 작은 자세에서 창을 투사하는 것으로 나타났으며, 피험자 B, C, E는 자세가 앞으로 기울어진 상태에서 릴리즈 동작을 취하는 것으로 나타났다. 상체전후경각에서 나타났듯이, 모든 피험자의 자세가 전경자세를 취하고 있는데, 피험자 A, E는 전경자세가 크게 나온 반면에, 피험자 C, D는 수직에 가까운 상태에서 릴리즈 동작이 이루어지는 것으로 나타났다. 이종훈(2002)에 의하면, 창에 대한 힘의 전달은 몸통, 상완, 전완, 손목, 그리고 창의 순서이기 때문에 효율적인 동작을 위해서는 창을 던지는 순간 몸통 회전에 의해 전달된 힘이 오른쪽 어깨와 오른쪽 팔꿈치로 창을 이끌면서 던지기를 실시하게 되는데, 창에 보다 많은 힘을 가하여 속도를 높여주기 위해서는 창의 진행방향에 맞추어 상체를 약간 앞으로 기울여야 한다고 보고한 것과 같이, 모든 피험자가 릴리즈 동작 시 상체가 전방으로 기울어지는 것으로 나타났지만 피험자간에 많은 편차를 나타냈다.

특히 투사 속도를 크게하기 위해서는 상체전후경각의 변화가 크게 나타나야 하는데, 지지발 착지 ( $-12.9 \pm 4.09 \text{deg}$ )에서 릴리즈( $10.1 \pm 7.21 \text{deg}$ )까지 약  $22 \text{deg}$ 의 각변위를 나타냈는데, 기록이 우수한 피험자일수록 각변위가 크게 나타나는 것으로 나타났다. 릴리즈 순간 어깨와 팔꿈치각에 있어서는  $130.1 \pm 10.19 \text{deg}$ ,  $136.3 \pm 6.31 \text{deg}$ 를 각각 나타냈는데, 기록이 좋은 피험자일수록 팔꿈치각이 작게 나타나는 반면에 어깨각이 크게 나타나는 것으로 나타났고, 기록이 다소 저조한 피험자일수록 팔꿈치각이 크고, 어깨각이 작게 나타

났는데, Komi & Mero(1985)에 의하면, 팔꿈치각이  $92 \pm 19 \text{deg}$ 를 나타내어 릴리즈 순간에 있어서는 팔꿈치를 완전히 신전시키는 보다는 어깨를 최대한 신전시킨 상태에서 창을 투사시켜야 하는 것으로 나타났다.

## IV. 결 론

도움닫기 최종 1보착지와 릴리즈 국면에 대한 운동학적 분석을 위해 국가대표 여자선수를 대상으로 실제 경기상황에서 결승에 진출한 6명을 선정하였다. 운동학적 분석을 위해 비디오카메라 2대를 이용하여 촬영하였으며, 분석 프로그램은 Kwon3D 2.1를 이용하여 통제점 좌표화와 인체 관절점의 좌표화, DLT방법에 의한 3차원 좌표를 계산하였고, 그에 따른 시간요인, 거리요인, 속도요인, 각도요인 등을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 힙발 착지에서 지지발 착지까지의 착지국면에 있어서는 소요시간을 길게하고, 릴리즈 국면에서는 보다 짧은 시간으로 릴리즈 동작이 이루어져야 하는 것으로 나타났다.
2. 릴리즈 순간, 대부분의 피험자가 손의 위치가 자신의 신장보다 낮은 상태에서 투사하는 것으로 나타나, 그에따른 투사속도가 작은 것으로 나타났다.
3. 릴리즈 순간 팔꿈치각을 크게 하여 팔꿈치를 완전히 신전시키기 보다는 어깨각을 크게 신전시켜야 하는 것으로 나타났다.
4. 릴리즈 순간 지지발과 신체중심과의 각도를 나타낸 신체각은 수직축에 가깝게 증가하였지만, 상체전 경각은 신체각의 증가에 비해 작게 나타나, 창에 전신의 운동량을 전달하기 위해서는 델리버리 동작 동안 균형자세에서 상체전후경각의 각변위를 빠르게 전환시켜야 하는 것으로 나타났다.

## 참고문헌

- 권영후 (1994). Kwon3D motion analysis package version 2.1.
- 양동영, 조필환, 정남주(2002). 창던지기 경기의 투사구간에 대한 운동학적 분석. 한국체육학회 학술발표회. pp.798-811
- 이종훈(2002). 창던지기 동작의 Kinematic적 특성분석. 제12권 2호. 한국운동역학지. pp.345~359
- 윤희중, 홍순모, 김태삼(2000). 여자 창던지기 선수들의 운동학적 분석. 제38회 한국체육학회 학술발표회.

pp.798~811

- 최규정(1988). 투창의 생체역학 및 코칭. 대한체육회 스포츠과학연구소, 스포츠과학정보 제 25호, 36-42.
- Abdel-Aziz, Y. I. & Kararah, M.(1971). Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close-range photogrammetry. In: Proceedings of the ASP/UI Symposium on Close Range Photogrammetry.Falls Church, VA: American Society of Photogrammetry, 1-18.
- 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.
- Best, R. J., Bartlett, R. M., & Morriss, C. J.(1993). A three-dimentional analysis of javelin throwing technique. *Journal of Sports Science* 11, 315-328.
- Hubbard, M.(1984). Optimal javelin trajectories. *Journal of Biomechanics* Vol. 17, 777-787.
- Hubbard, M., & Always, L.W.(1984). Optimum release conditions for the new rules javelin.
- Hubbard, M., & Always, L.W.(1989). Rapid and accurate estimation of release conditions in the javelin throw. *Journal of Biomechanics* Vol. 22, 583-595
- Hubbard, M., & Rust, H.J.(1984). Simulation of javelin flight using experimental aerodynamic data. *Journal of Biomechanics* Vol. 17, 769-776.
- Hubbard, M., Bergman, C. D(1989). Effect of vibrations on javelin lift and drag. *International Journal of Sport Biomechanic* 5.
- Ikegami, Y., Miura, M., Matsui, H., & Hashimoto, I.(1981). Biomechanical analysis of the javelin throw. *Biomechanics VII-B*
- Komi, P. V., & Mero, M.(1985). Biomechanical analysis of Olympic javelin throwers, *International Journal of Sport Biomechanic*, 139-150.
- Mero, A., Komi, P.V., Kotjus, T., Navarro, E., & Gregor, R. G.(1994). Body segment contributions to javelin throwing during final thrustphases. *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*, 0, 1-20.
- Morriss, C., & Bartlett, R.(1996). Biomechanical factors critical for performance in the men's javelin throw. *Sports Medicine* Jun 21, 438-446.
- Plagenhoef, S.(1983). Anatomical data for analyzing human motion. *Research Quarterly for Exercise and Sports*, 54(2). 169-178.

- Terauds, J. (1978). Javelin release characteristics of USA and USSR thrower-1974. *Track and Field Quarterly Review* 78, 42.
- Vaughan, C. L.(1989). *Biomechanics of Sport*. CRC Press Inc, 227-236.
- 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.