



## 우수 선수와 준우수 여자 창던지기 선수들의 운동학적 특성

### Analysis of Kinematic Parameters between Skilled and Less Skilled Female Javelin Throwers

이영선 · 류지선 · 김태삼\* (한국체육대학교)

Lee, Young-Sun · Ryu, Ji-Seon · Kim, Tae-Sam\* (Korea National Sport University)

#### 국문요약

본 연구의 목적은 여자 창던지기 선수를 대상으로 지지발 착지와 릴리즈 국면 시 우수 집단과 준우수 집단 간의 운동학적 차이를 규명하는데 있다. 이를 위해 국내 여자선수 8명을 대상으로 측정 최고기록이 45m 이상인 선수를 우수 집단으로, 45m 이하를 준우수 집단으로 구분하였다. 창의 투사속도에 있어서 릴리즈 단계의 수직속도는 집단 간에 통계적인 차이를 보이지 않았지만, 수평속도는 집단 간에 유의한 차이( $p < .05$ )가 있는 것으로 나타났고, 릴리즈 순간의 투사각에 있어서 우수 집단은 평균 36.3도를 보였고, 준우수 집단은 평균 42.3도를 보이면서 집단 간에 유의한 차이( $p < .05$ )가 있는 것으로 나타났다. 지지다리 무릎각에 있어서는 힘 발 착지(우수 > 준우수)와 지지발 착지(우수 < 준우수) 그리고 완전착지(우수 < 준우수)에서 집단 간에 유의한 차이( $p < .05$ )가 있는 것으로 나타났지만, 릴리즈 순간에 있어서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 어깨각에 있어서도 힘 발 착지에서만 유의한 차이( $p < .05$ )를 보였고, 릴리즈 단계에 있어서는 유의한 차이를 보이지 않았다.

#### ABSTRACT

Y. S. LEE, J. S. RYU, and T. S. KIM, Analysis of Kinematic Parameters between Skilled and Less Skilled Female Javelin Throwers. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 19, No. 4, pp. 707-717, 2009. The purpose of this study was to investigate the kinematic parameters between a skilled group and a less skilled group of female javelin throwers, in order to record differences in their support landing and release phase. For this, the female athletes were divided into two groups: the skilled group, which consisted of javelin throwers with records over 45m, and the less skilled group, which consisted of javelin throwers with records below 45m. During the release phase, the horizontal velocity differed significantly ( $p < .05$ ) between the two groups. The projection angle at the release moment also differed significantly ( $p < .05$ ) between the groups. The knee angle of the support leg differed significantly ( $p < .05$ ) between the two groups at E1, E2, and E3, but there was no difference at E4. The shoulder angle differed significantly ( $p < .05$ ) between the two groups only during the landing of the power leg.

KEYWORDS : JAVELIN, RELEASE PHASE, POWER LEG,

## I. 서론

창던지기는 전신(全身)의 폭발적인 힘으로 창을 투사하는 육상경기의 투척종목 중 하나로 다른 투척 종목과는 달리 너비 4m, 길이 36.5m의 직선 도움닫기 주로를 통해 창을 투사하여 그 기록을 경쟁하는 종목이다. 다른 투척 종목의 투사체와 비교하여, 중량은 가볍지만(남자 800g, 여자 600g), 길이(여자 2.20~3.0m, 남자 2.60~7.0m)가 길어 투사체에 대한 예민한 감각, 투사 순간의 순발력과 고도의 조정 능력을 필요로 한다.

창던지기의 기술은 달리기(run up), 도움닫기(cross step), 착지(landing), 던지기(throwing), 전환(reverse)으로 나누어지며, 특히 착지단계에 이루어지는 지지발 착지와 던지기 단계에서 이루어지는 릴리즈 동작은 경기 기록에 직접적인 영향을 주는 중요한 동작으로 지적되고 있다. 이러한 기록 향상을 위해서 달리기로부터 연결되는 도움닫기의 스피드와 투사하는 창 투사속도, 투사각도, 투사높이 그리고 마지막 동작인 지지발 착지 시 강한 근력과 몸 전체의 유연성, 창을 이끄는 순간 타이밍과 창에 주어지는 스냅에 대한 훈련이 요구 시 되고 있다.

투사속도는 도움닫기의 스피드와 힘을 창에 작용하는 점진적인 속도와 가속도에 의해 결정 된다(윤희중, 홍순모, 김태삼, 2000). 또한 투사높이는 지렛대 역할을 하는 신장과 팔의 길이에 의해 결정되므로, 높은 위치에서 적절한 각도로 투사될 때 최대의 수평거리를 얻을 수 있다(양동영, 조필환, 정남주, 2002).

경기력 향상을 위한 창던지기 동작에 대한 운동학적 연구는 다양하게 이루어져 오고 있으며, 특히 창 비행거리, 도움닫기 속도, 릴리즈 단계의 자세에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔는데, Mero, Komi, Kotius, Navarro와 Gregor(1994), Bartlett, Muller, Raschner, Lindinger와 Jordan(1995), 이영선(2003)은 릴리즈 시 투사속도와 지지 발착지 시 무릎 각에 대한 연구를 하였으며, Jorg와 Lutz(1998), 최규정(1988)은 상체 전후경각에 대한 연구를, 이종훈(2002), 윤희중 등(2000)은 신체 중심에 관한 연구를, Bartlett와 Best(1988), Whitting, Gregor와 Halushka(1991), 서학용(1989)은 기록에 미치는 운동학적 요인들을 규명해 왔다. 또한 Hubbard 와

Always(1989)는 창 비행거리를 증가시키기 위해서는 도움닫기 스피드와 마지막 지지발의 착지 시, 하지에서 몸통 그리고 상지분절에 대한 원위분절의 가속도를 크게 함으로써, 릴리즈 시 최대 순간속도를 크게 할 수 있는 것으로 보고하였고, 도움닫기 동작으로부터 마지막 지지발이 정확한 착지를 못하면 도움닫기로부터 전이된 에너지를 효과적으로 전달할 수 없다고 하였다.

뿐만 아니라 Whitting et al.(1991), Mero et al.(1994)은 릴리즈가 시작되기 전 던지기 단계 동안에 작용하는 각 신체분절의 기여도를 분석함으로써 어깨, 팔꿈치, 손목, 손순으로 관절 중심속도가 크게 증가한 것으로 보고하였고, Bartlett, Muller, Lindinger, Brunner와 Morriss(1996), Whitting et al.(1991), Mero et al.(1994)의 연구에서도 유사하게 근위 분절보다 원위분절의 속도가 빠르게 나타났다 보고하였으며, 이는 신체분절의 작은 역학적 힘이 창까지 전달되면서, 그에 따른 많은 역학적 운동량과 에너지가 전이 되어 발생하는 것이라고 보고 하였다. 이밖에 Zhang(2001), Li(2000), Wang(1997), Gregor와 Pink(1996), 김태삼과 이영선(2005), 이종훈, 김재필, 및 이연중(2000), Roger와 Russell(1988)는 비행거리를 증가시키기 위해서는 지지발 착지 시 무릎 각은 최대한 신전시킴으로서 지지발의 제어력(breaking force)을 이용해야 하지의 운동량을 창으로 전이시키는 것으로 보고 하였다.

특히 하체의 안정성을 유지하고 상체로의 운동량 전이를 촉진하기 위해 릴리즈를 통해 최종 발치기에서 앞발을 펴는 것을 강조하고 있는데, 지지 발을 펴는 것은 질량 중심 속도의 큰 감속을 야기시킨다는 것이 일반적으로 알려져 있고, 지지발 위치와 지지발 무릎 굴곡 정도는 속도의 전체 감속도 뿐만 아니라 질량 중심의 감속 비율에 영향을 주는 것으로 보고하고 있다(Calvin, Roger & Neil, 1995).

이와 반대로 김순윤(1993)은 투사 시 무릎 관절이 완전히 신전될 경우 몸통 회전이 강하고 빨라서 운동량이 커 부상의 위험이 따르게 됨으로 어느 정도 굽히는 것이 적절하다고 보고하고 있지만, 지지발 착지자세와 기록과의 관계를 명확히 구명한 자료는 아직 미비한 실정에 있다.

이처럼 앞서 제시된 선행연구들에 있어서 기록향상

을 위한 많은 연구가 이루어져 왔고, 창던지기 기록에 영향을 미치는 것은 도움닫기 스피드와 릴리즈 순간의 운동학적 요인인 신체 분절의 속도와 운동량의 역학적 요인에 의해 창던지기 기록에 영향을 미치는 것으로 볼 수 있지만, 국내 여자 선수들을 대상으로 기록차이에 따라 우수선수들과 준우수 선수들에 대한 운동학적 특성을 분석한 연구는 미비한 실정에 있다. 따라서 이 연구는 국내 여자 선수들을 대상으로 기록 차이에 따라 우수 그룹과 준우수 그룹으로 구분하여 착지 구간과 릴리즈 구간에 있어서 주요 운동학적 요인을 분석하여 기록에 따른 기술적 차이를 분석하는데 있다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

이 연구는 현재 2009년도 국내 랭킹 8위 이내에 있는 여자 창던지기 선수 8명을 선정하여 지지 발착지와 릴리즈 단계의 역학적 요인이 기록에 미치는 영향을 분석하기 위한 것으로 성공적으로 착지한 시기의 기록을 측정하여 최고기록이 45m이상인 4명의 선수를 우수 집단으로 45m이하인 4명의 선수를 준우수 집단으로 선정하여 연구하였다. 이들의 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 연구대상자의 특성

대상자	신장 (m)	체중 (kg)	측정기록(m)			최고 기록 (yrs.)		
			1차	2차	3차			
우수	A	174	80	49.0	50.0	51.4	60.92	17
	B	172	73	45.0	46.0	47.5	56.14	11
	C	163	63	49.0	49.5	50.6	58.75	8
	D	175	80	45.0	48.2	47.0	54.44	10
M	171.0	74.0	47.0	48.4	49.1	57.56	11.5	
SD	5.48	8.04	2.31	1.79	2.20	2.86	3.87	
준우수	A	168	73	37.0	40.3	35.0	52.35	12
	B	172	72	40.0	37.0	40.7	52.23	10
	C	168	65	41.0	40.0	42.5	50.88	12
	D	160	63	42.5	42.0	43.0	52.27	11
M	167.0	68.3	40.1	39.8	40.3	51.93	11.25	
SD	5.03	4.99	2.32	2.08	3.67	0.70	0.96	

### 2. 실험 장비

이 연구에 사용된 실험장비와 분석장비는 <표 2>에 제시한 것과 같이 Sony DSR PD-150 5대를 이용하여 3차원 좌표값을 얻었으며, 3차원 좌표를 이용한 운동학적 분석은 Matworks사의 Matlab 6.5를 이용하여 분석하였다.

표 2. 실험장비의 특성

	기기명	제품명	제작사
촬영 장비	카메라 DLT 컴퓨터	DSR PD-150 Control Object PentiumIV	Sony VISOL Samsung
분석 장비	프로그램	Kwon3D 3.1 Matlab 6.5	VISOL

### 3. 실험 절차

크로스 스텝 단계와 릴리즈 동작을 촬영하기 위한 비디오카메라는 힘 발이 지면에 착지하는 순간부터 창이 손에서 떨어져 나가는 시점까지 완전히 포함 할 수 있도록 설치하였으며, 카메라는 각각 좌, 우측에 두 대, 정면에 한 대를 설치하였으며, 총 다섯 대의 비디오카메라를 이용하였다. 실험 상황에 앞서 공간좌표 설정을 위해 길이, 높이, 폭의 크기가 4m×3m×1m인 통제점 틀을 만들어 힘 발(오른발)이 착지하는 단계와 릴리즈 동작을 완전히 포함 할 수 있도록 위치시킨 후 1분간 촬영한 다음 이를 제거한 후 본 실험을 실시하였다.

모든 피험자들에게 실제 시합 상황과 같이 본 실험에 들어가기 전 충분한 연습을 시킨 후 촬영하였으며, 각 관절점에 대한 정확한 마커부착을 위해 상의와 하의는 타이즈로 착용하였다. 실험상황에 있어서의 전역좌표축 설정은 운동진행 전후 방향을 Y축, 상하 방향을 Z축, 그리고 좌우 방향을 X축으로 설정하였다.

### 4. 자료처리 및 분석방법

인체는 22개의 관절점과 3개의 가상 관절점으로 총 25개의 관절점에 15개의 분절이 연결된 강체구조(linked

rigid body system)로 정의하였고, 각 분절과 전신의 신체중심을 구하기 위한 신체분절지수(body segment parameter)는 Plagenhoef(1983)의 자료를 이용하였다. 3차원 좌표값을 구하기 위해 DLT(Direct Linear Transformation) 방법(Abdel-Aziz & Karara, 1971)을 사용하였고, 3차원 좌표값에 포함된 오차를 제거하기 위해 Butterworth의 저역통과 필터(low-pass filter) 방법을 이용하여 스무딩하였고, 이때의 차단주파수(cut-off frequency)는 6.0Hz로 하였다.

운동학적 분석을 위해 속도요인, 거리요인, 각도요인을 분석하였으며, 각도요인중 공격각과 릴리즈각에 대한 자세각에 대한 각도 설정은 <그림 1>과 같이 설정하였으며, 릴리즈각은 시상면에서 릴리스 된 창 의 속도방향과 지면과 평행한 손목을 지나는 가상의 기준선이 이루는 절대 각이며, 공격각은 창과 창의 중심의 속도벡터의 각으로 자세각과 릴리즈각의 차이를 말한다. 그리고 무릎각은 지지다리의 대퇴와 하퇴가 이루는 각, 어깨각은 몸통과 던지는 팔의 상완이 이루는 각으로 각각 정의하였다.

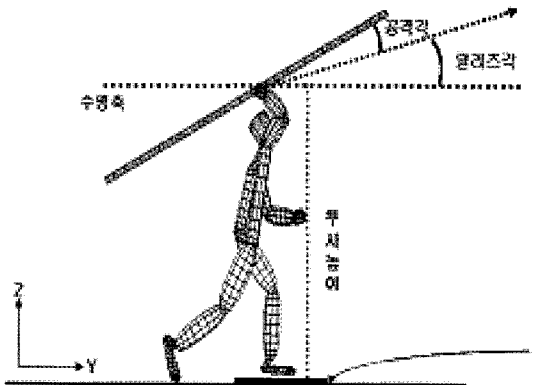


그림 1. 릴리즈각과 공격각에 대한 정의

5 분석 국면 및 통계처리

이 연구를 수행하는데 있어서의 국면 설정은 힘 발이 지면에 착지한 순간부터 릴리즈 시 창이 손에서 떨어져 나간 순간까지로, 4개의 Event로 설정하였으며, Event 1은 힘 발 착지, Event 2는 지지 발 착지, Event 3는 지지발 완전 착지, Event 4는 릴리즈 순간으로 각

각 설정하였다.

우수 집단과 준우수 집단 간에 운동학적 차이를 검증하기 위해 t-test(Paired-Sample t-test)를 실시하였다. 차이검증을 위해 사용된 분석프로그램은 SPSS 16.0을 사용하였으며, 모든 검정에서 유의수준은  $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

III. 연구결과

1. 투사거리와 관련된 운동학적 요인

<표 3>은 투사거리와 관련된 창의 투사속도, 투사각, 그리고 투사높이에 대한 특성을 나타낸 것이며, <그림 2, 3, 4>는 창의 수평과 수직속도, 투사높이를 집단별 평균값으로 궤적을 나타낸 것이다.

표 3. 투사거리와 관련된 운동학적 요인(M±SD)과 차이검증 통계치 (unit: m/s, deg, m)

구분	투사 속도			투사각		투사높이	
	수평	수직	합성	릴리즈각	공격각	높이	%
우수	15.38	14.07	20.85	41.2	7.8	1.91	109.8
	15.67	11.21	19.27	35.3	4.7	1.81	105.4
	15.45	12.09	19.65	32.8	10.8	1.68	103.4
	17.51	12.34	21.44	36.0	9.3	1.70	97.4
M	16.0	12.4	20.3	36.3	8.1	1.78	104.0
SD	1.01	1.20	1.01	3.5	2.60	0.11	5.15
준우수	13.66	11.45	17.83	45.0	8.1	1.78	106.4
	15.19	12.15	19.46	39.0	7.7	1.78	103.9
	16.05	11.95	20.01	44.0	16.3	1.70	101.6
	14.73	12.82	19.53	41.3	5.2	1.75	109.9
M	14.9	12.1	19.21	42.3	9.3	1.75	105.5
SD	1.00	0.57	0.95	2.71	4.8	0.04	3.56
t	2.258	.709	2.030	-4.608	-.780	.535	.604
p	.045*	.493	.067	.001*	.452	-.567	.582

\*  $p<.05$

투사속도에 있어서 수직속도는 집단 간에 유사한 속도를 보이면서 통계적인 차이를 보이지 않았지만, 투사 거리에 직접적인 영향을 주는 수평속도는 우수 집단이

평균 16.0±1.01m/s로 준우수 집단의 평균 14.9±1.00m/s 보다 빠른 속도를 보이면서 통계적으로 유의한 차이 ( $p<.05$ )가 있는 것으로 나타났다.

Rich et al.(1992)에 의하면, 세계적인 우수선수들의 릴리즈 속도 수준에서 최적의 릴리즈 각은 34~37° 정도라고 보고 하였는데, 우수 집단이 평균 36.1±3.64°를 보였고, 준우수 집단은 평균 42.3±2.71°를 보이면서 우수 집단은 Rich et al.(1992)의 연구 결과와 유사한 반면에 준우수 집단은 다소 큰 릴리즈 각을 보이면서 집단 간에 통계적으로 유의한 차이( $p<.05$ )를 보였다.

그러나 공격각을 살펴보면, Rich et al.(1992)는 최적의 공격각이 -1~0°에 근접해야 하며, 공격각이 0°에 근접한다는 것은 투창의 방향과 질량중심점이 진행되는 방향과 거의 일치 한다고 해석될 수 있는데, 이 연구에서는 우수 집단이 8.1±2.60°를 준우수 집단은 평균 9.3±4.82°로 우수 집단이 준우수 집단보다 다소 작은 공격각을 보였지만, 통계적인 차이는 보이지 않았다.

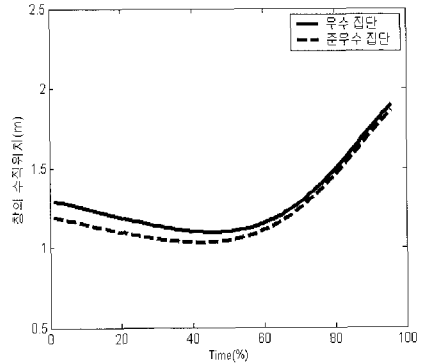


그림 4. 창의 수직위치 변화

투사높이에 대한 특성을 살펴보면, %는 릴리즈 순간 투사높이를 신장에 대한 비율로 나타낸 것으로, 우수 집단은 평균 104.0±5.15%, 준우수 집단은 평균 105.5±3.56%로 우수 집단보다 높은 비율을 보였지만, 위치에 있어서는 우수 집단이 평균 1.78±0.11m로 준우수 집단의 평균 1.75±0.04m보다 다소 높은 위치에서 투사된 특성을 보였지만, 통계적인 차이를 보이지는 않았다.

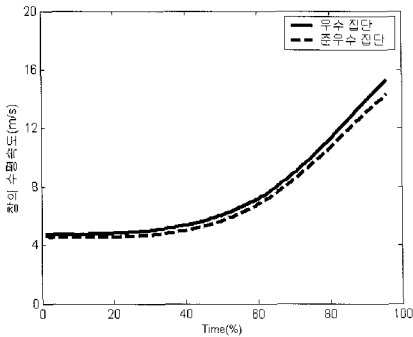


그림 2. 창의 수평속도 변화

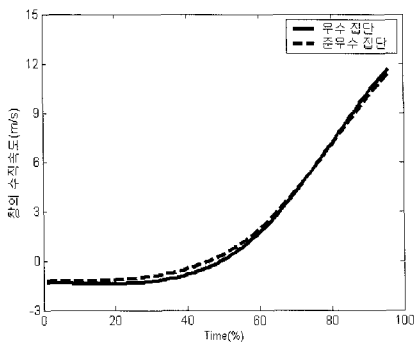


그림 3. 창의 수직속도 변화

## 2 릴리즈 순간의 신체중심 위치와 속도

표 4. 릴리즈 순간의 신체중심 이동변위, 속도(M±SD)와 차이검증 통계치 (unit: m, m/s)

구분	신체중심높이(m)		신체중심속도(m/s)	
	Y축	Z축	Y축	Z축
우수	1.46	0.89	2.18	0.79
	1.51	0.90	2.42	0.92
	1.53	0.82	2.23	1.03
	1.57	0.87	2.90	0.76
M	1.52	0.87	2.43	0.88
SD	0.05	0.04	0.33	0.12
준우수	1.48	0.91	2.16	0.87
	1.54	0.90	2.54	0.78
	1.36	0.84	1.90	0.83
	1.67	0.77	2.81	0.86
M	1.51	0.85	2.35	0.83
SD	0.13	0.06	0.40	0.04
t	.092	.110	.778	.871
p	.929	.253	.453	.402

<표 4>는 신체중심 위치에 있어서 Y축은 이동변위를 나타낸 것이며, Z축은 신체중심의 수직위치를 나타낸

것이다. 신체중심속도에 있어서는 릴리즈 순간의 수평과 수직속도를 나타낸 것이다.

신체중심의 수평변위와 수직위치에 있어서 우수 집단과 준우수 집단이 유사한 변위를 보이면서 통계적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 신체중심의 수평속도에 있어서는 우수 집단이 준우수 집단보다 다소 빠른 수평속도를 보였지만, 통계적인 차이가 없는 것으로 나타났고, 수직속도에 있어서도 우수 집단이 준우수 집단보다 다소 빠른 수직속도를 보였지만, 통계적인 차이가 없는 것으로 나타났다.

### 3. 무릎과 어깨각의 변화

<표 5>는 Event별 지지 다리 무릎각과 스윙 팔 어깨각의 변화를 나타낸 것이며, <그림 5, 6>은 무릎과 어깨각의 변화를 집단별 평균값을 궤적으로 나타낸 것이다. Gregor와 Pink(1996), 김태삼과 이영선(2005), 이종훈 등(2000), 박재명(2008)에 의하면, 지지발 착지 시 무릎각은 경기력 향상에 가장 중요한 요인 중의 하나로써 하체에서 발생한 운동량을 상체로 전이시키기 위해서는 무릎을 굴곡시킨 자세보다 신전된 자세가 유리한 것으로 보고하고 있다.

표에 제시된 지지 다리 무릎각의 변화를 살펴보면, 힘 발이 착지하는 E1에 있어서는 우수 집단이 평균  $145 \pm 14.72^\circ$ 로 준우수 집단의 평균  $128.4 \pm 11.54^\circ$ 보다 지지 다리가 신전된 자세를 보이면서 통계적인 차이가 있는 것으로 나타났다.

지지발 착지의 E2에 있어서는 우수 집단이 평균  $168.1 \pm 3.14^\circ$ 를, 준우수 집단이 평균  $172.1 \pm 2.13^\circ$ 로 우수 집단보다 준우수 집단이 신전된 자세에서 지지발을 착지하는 것으로 나타났으나, 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 지지발 완전착지의 E3에 있어서는 우수 집단보다 준우수 집단이 크게 신전된 자세를 보이면서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 그러나 릴리즈 순간에 있어서는 우수 집단이 평균  $159.9 \pm 12.37^\circ$ , 준우수 집단이 평균  $164.8 \pm 7.98^\circ$ 로 우수 집단보다 준우수 집단이 무릎을 신전시킨 자세에서 릴리즈 동작을 수행하는 것으로 나타났지만, 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다.

표 5. 지지다리의 무릎각과 어깨각(M±SD)의 변화와 차이검증 통계치 (unit: deg)

구분	E1		E2		E3		E4	
	무릎	어깨	무릎	어깨	무릎	어깨	무릎	어깨
우수	157.8	94.0	169.2	82.0	146.7	86.0	168.6	124.0
	132.6	106.7	168.8	102.6	155.2	96.4	171.4	136.7
	156.4	109.1	168.4	102.7	148.2	89.3	154.8	122.0
M	127.2	98.8	171.1	89.2	152.0	88.3	144.9	111.1
	145.0	102.1	168.1	94.1	151.8	90.0	159.9	123.4
	14.72	6.99	3.14	10.26	6.00	4.49	12.37	10.48
준우수	127.0	88.9	175.0	100.3	159.3	93.3	167.2	114.8
	114.2	99.8	172.1	85.6	165.4	86.1	167.5	119.0
	142.3	102.0	170.0	82.7	165.3	86.7	171.2	118.9
M	130.1	95.7	171.2	93.2	151.0	114.3	153.1	131.3
	128.4	96.6	172.1	90.5	160.3	95.1	164.8	121.0
	11.54	5.77	2.13	7.92	6.79	13.21	7.98	7.14
t	2.844	3.173	-2.64	.717	-3.09	-1.17	-1.09	.520
p	.016*	.009*	0.23*	.488	.010*	.265	.296	.613

\* p<.05

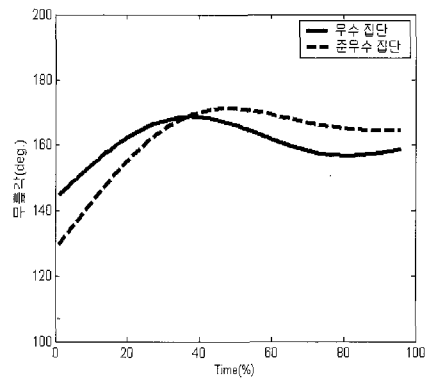


그림 5. 무릎각의 변화

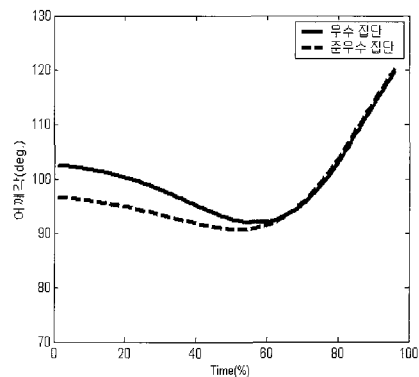


그림 6. 어깨각의 변화

표에 제시된 어깨각의 변화를 살펴보면, 힘 발 착지의 E1에서 우수 집단이 평균  $102.1 \pm 6.99^\circ$ 를 보였지만, 준우수 집단은 평균  $96.6 \pm 5.77^\circ$ 로 우수 집단이 어깨가 신전된 자세로 힘 발을 착지 하면서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 지지발 착지의 E2에 있어서는 우수 집단이 준우수 집단보다 다소 신전된 자세를 보였지만, 유의한 차이가 없는 것으로 나타났고, 완전착지의 E3에 있어서는 우수 집단보다 준우수 집단의 어깨가 다소 신전된 자세를 보였지만, 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 릴리즈 순간에 있어서는 우수 집단이 평균  $123.4 \pm 10.48^\circ$ 를 보였고, 준우수 집단은 평균  $121.0 \pm 7.14^\circ$ 를 보이면서 우수 집단이 다소 신전된 자세에서 릴리즈 동작을 보였지만, 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

이러한 특성은 지지다리의 무릎각을 나타낸 <그림 5>에서 볼 수 있듯이, 힘 발 착지에서는 우수 집단이 지지다리가 신전된 자세를 보이고 있지만, 지지 발 착지에서 릴리즈 구간까지 우수 집단은 준우수 집단보다 굴곡된 자세로 릴리즈 동작을 수행하는 것으로 나타났고, 스윙 팔의 어깨각에 있어서 힘 발 착지구간에서는 우수 집단이 크게 신전된 자세를 보였지만, 완전착지와 릴리즈 순간에 있어서는 집단 간에 유사한 자세각을 보여주고 있다.

#### IV. 논 의

창던지기 기록에 직접적인 영향을 주는 동작은 착지 단계에 이루어지는 지지발 착지와 던지기 단계에서 이루어지는 릴리즈 단계로서 투사 시 창의 투사속도, 투사각도, 투사높이가 기록에 가장 큰 영향을 주는 것으로 보고되고 있다(양동영 등, 2002; 윤희중 등, 2000; 이영선, 2003; 이종훈, 2002; Bartlett & Best, 1988; Bartlett et al., 1994; Leblanc & Dapenna, 1996; Mero, 1996).

기록에 직접적인 영향을 주는 속도와 관련된 특성을 살펴보면, 투사속도에 있어서 여자 선수를 대상으로 분석한 Bartlett와 Best(1988)에 의하면, 60.24m의 기록에서는 릴리즈 시 투사속도가 27.27m/s를 보였고, Viitasalo, Mononen와 Norvapalo(2003)의 연구에서 58m에서 60m

사이의 기록에서는 25.6m/s, Best et al.(1993)과 Mero et al.(1994)의 연구에서는 각각 평균 24.6m/s와 평균 23.0m/s를 보인 것과 비교 할 때, 이 연구에서는 기록이 평균 48m의 우수 집단은 평균 합성속도가 20.3m/s를 보였고, 기록이 평균 40m인 준우수 집단은 평균 합성속도가 19.2m/s를 보이면서 선행연구보다 많은 차이를 보였다.

특히 Viitasalo et al.(2003)에 의하면, 여자 선수들의 경우 1m/s의 차이는 2.25m에서 3.68m의 기록 차이를 보임에 따라 국내 선수들이 세계 엘리트 선수들과 많은 속도차이를 보이고 있어 그에 따른 기록이 낮은 것으로 볼 수 있다. 그러나 우수 집단과 준우수 집단 간 릴리즈 순간의 수직속도에서는 유의한 차이를 보이지 않았지만, 수평속도에 있어서는 통계적인 차이를 보임에 따라 준우수 집단의 기록향상을 위해서는 수평속도를 빠르게 해야 하는 것으로 나타났다.

뿐만 아니라 신체중심속도에 있어서 Whitting(1991), Hubbard와 Always(1989), 윤희중 등(2000)과, 이영선(2003)은 창의 비행거리를 증가시키기 위해서는 도움닫기 시 신체중심 속도를 빠르게 해야 하나, 신체중심속도가 너무 빠르면 효과적인 운동량 전이가 용이하지 않고, 너무 느리면 수평속도가 줄어들어 큰 운동량을 얻기가 힘들어 투척거리에 좋은 결과를 가져 올 수가 없는 것으로 보고하였는데, 우수 집단과 준우수 집단 간에는 유의한 차이가 없는 특성을 보였다.

투사높이는 기록과 직접적인 관련이 있는 것으로 선행연구자들에 의해 보고되었는데, 남자 선수들을 대상으로 분석한 Campos, Brizuerla, Ramon과 Gamez(2002)에 의하면,  $86.45 \pm 2.31m$ 를 던지는 세계 엘리트 선수들의 경우 1.97m,  $68.39 \pm 2.78m$ 의 기록을 나타낸 남자 선수들에 있어서는 1.90m로 기록이 우수할수록 높은 위치에서 릴리즈가 이루어지는 것으로 보고하면서, 릴리즈 순간 어깨, 팔꿈치, 고관절, 그리고 무릎관절의 굴곡과 신전 정도에 따라 릴리즈 높이가 다르게 나타날 수 있지만, 릴리즈 순간에 있어서는 각 관절이 신전된 자세에서 동작을 수행하는 것이 투사높이를 높게 하는 것으로 보고하였다.

이 연구에 나타난 결과에 의하면, 릴리즈 순간 우수 집단과 준우수 집단 간에 통계적인 차이는 보이지 않았

지만, 우수 집단이 평균 1.78m로 준우수 집단의 평균 1.75m보다 다소 높은 위치를 보였지만, 준우수 집단보다 상대적으로 낮은 위치를 보인 것은 지지다리의 무릎 각에서 볼 수 있듯이, 우수 집단이 다소 굴곡된 자세를 보였기 때문인 것으로 보여진다. 뿐만 아니라 선행연구와 다소의 차이를 보이는 것은 어깨각에서 볼 수 있듯이, 이영선(2003)에 의하면, 남자 선수들을 대상으로 숙려자와 비숙려자의 경우 릴리즈 순간 136°와 137°를 보인 것과 비교할 때, 이 연구에서는 선행연구보다 작은 어깨각을 보임에 따라 투사 높이가 낮은 것으로 볼 수 있다.

따라서 기록 향상을 위해서는 릴리즈 순간 어깨각을 크게 신전하여 투사 높이를 크게 할 필요가 있는 것으로 보여진다. 또한 투사 높이를 증가시키기 위해서는 릴리즈 순간 지지다리를 신전시킨 상태에서 신체중심 높이를 증가시켜야 하는데, Mero(1994)와 이영선(2003), 윤희중 등(2000)의 연구에 의하면, 지지발 착지 시 신체중심은 낮은 자세로 착지 한 후 릴리즈 순간에서는 신체중심이 높아져야 몸의 아치(arch)를 만들면서 상지분절의 속도를 증가시킬 뿐만 아니라 투사 높이가 증가하여 기록에 영향을 주는 것으로 보고하고 있다.

지지다리의 무릎각에 있어서 우수 집단은 평균 159.9°를 보인 반면에 준우수 집단은 평균 164.8°를 보이면서 우수 집단보다 준우수 집단이 다소 신전된 자세를 보임에 따라 우수 집단보다 신체중심 높이를 크게 할 것으로 나타났지만, 준우수 집단이 낮은 투사높이를 보였다. 이처럼 준우수 집단이 낮은 투사높이를 보인 것은, 릴리즈 순간 신체중심 높이에서 볼 수 있듯이, 우수 집단은 평균 0.87m로, 준우수 집단의 평균 0.85m보다 다소 높은 자세를 보임에 따라 몸의 아치(arch)를 만들면서 상지분절의 속도를 증가시켜 창 투사속도를 크게 한 것으로 보여진다. 따라서 준우수 집단이 보다 좋은 기록 향상을 위해서는 릴리즈 순간 지지다리의 무릎을 신전시키는 것과 달리 신체중심을 높이고 어깨관절을 신전시켜야 하는 것으로 나타났다.

릴리즈 순간 창에 전달되는 운동량을 크게하여 창 선속도를 크게 하기 위해 Zhang(2001), Li(2000), Wang(1997), Gregor와 Pink(1996), 김태삼과 이영선(2005), 이종훈 등(2000), 박재명(2008)은 지지발 착지 시

무릎각을 최대한 신전시킴으로서 지지발의 제어력(breaking force)을 이용할 때, 하지의 운동량을 창으로 전이시키는 것으로 보고 하였으며, 김순윤(1993)은 투사 시 무릎 관절이 완전히 신전될 경우 몸통의 빠른 회전을 통해 운동량이 크게 작용하지만 부상의 위험이 따르게 됨으로 어느 정도 굽히는 것이 적절하다고 보고하고 있다. 또한 이종훈(2001)에 의하면, 지지발 착지 시 가장 이상적인 무릎각은 180°가 유리하지만, 180°가 되면 선수가 상해를 입을 위험성이 크므로 약간의 굴곡이 있는 것이 바람직하다고 보고하였다.

이와 달리 Morriss et al.(1997)에 의하면, 지지발 착지 시 무릎을 펴는 것은 질량 중심 속도의 큰 감속을 야기 시킴에 따라 운동량이 작아지는 것으로 보고하고 있지만, 상대적으로 릴리즈 시 하체의 안정성을 유지하고, 상체로의 운동량 전이를 위해 지지발 착지 시 무릎을 펴는 것을 강조하였다. 박재명(2008)에 의하면, 남자 선수를 대상으로 기록과 무릎각의 상관관계를 분석한 결과에 의하면, 지지발 착지 시 기록과 무릎각에서 정적 상관관계를 보이면서 무릎각이 신전될수록 기록이 좋은 것으로 보고한 것과 달리, 이 연구에 나타난 결과에 의하면, 우수 집단이 준우수 집단보다 무릎이 굴곡된 자세를 보인 것은, 지지발 착지 시 신체중심의 감속도를 작게 하기 위한 결과로 보여진다.

기록과 직접적인 관련이 있는 투사각의 특성을 살펴보면, 여자를 대상으로 분석한 Best et al. (1993)는 36.3°, Mero et al.(1994)는 34°, 그리고 Viitasalo et al.(2003)의 연구에서는 26.9°에서 36.5°사이에서 릴리즈 동작이 이루어지는 것으로 보고하고 있다. 국내 여자선수들을 대상으로 분석한 백진호와 김재필(2001)의 연구에서는 39.2°, 이종훈 등(2000)의 연구에서는 32.5°, 이종훈(2002)의 연구에서는 38.7°를 보이면서 국내 선수들의 투사각이 국외 선행연구들보다 큰 차이로 릴리즈가 이루어지는 특성을 보이고 있다. 이 연구에 나타난 결과에 의하면, 우수 집단은 평균 36.3°로 Best et al.(1993)와 Mero et al.(1994)와 유사한 각도를 반면에 준우수 집단은 평균 42.3°의 큰 투사각을 보이면서 집단 간에 통계적인 차이가 있는 것으로 나타났다.

특히 릴리즈 순간 Morriss와 Barlett(1996), Mero et al.(1994), Best et al.(1993), Whiting et al.(1991), 허성민



(2001)의 연구에 의하면, 효율적인 릴리즈는 공격각의 크기가 작게 나타나야 하는 것으로 보고하였는데, Mero et al.(1994)는 자세각과 투사각이 각각 평균 31°와 32°를 보였고, Whiting et al.(1991)의 연구에서는 각각 38°와 36°, 서국은(1989)의 연구에서는 각각 35.7°와 37.3°로 1~2°의 공격각을 보인 것과 비교 할 때, 이 연구에서는 우수 집단이 8.1°, 준우수 집단이 9.3°로 선행연구보다 큰 공격각을 보였고, 우수 집단과 준우수 집단 간에 유의한 차이를 보이지 않았다.

이 연구에서 우수 집단과 준우수 집단의 공격각이 크게 나타난 것은 릴리즈 순간 창의 방향과 창의 질량 중심점이 진행되는 방향과 큰 차이를 보이는 것으로, 이는 릴리즈 순간 상체가 전경자세를 취하게 됨으로서 손목이 후방으로 신전되어 창의 수평보다 수직으로 던지기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 공격각을 작게 하기 위해서는 릴리즈 순간 상체는 수직 자세를 유지하면서 팔로 던지기 보다는 어깨를 회전시킴으로서 운동량 전이를 원위분절로 전달시키는 동작이 필요한 것으로 생각된다.

## V. 결 론

이 연구는 여자 창던지기선수를 대상으로 지지발 착지 시 우수 집단과 준우수 집단 간의 차이를 규명하는데 있다. 이를 위해 국내 여자선수 8명을 대상으로 측정 최고기록이 45m이상인 선수를 우수 집단으로, 45m이하를 준우수 집단으로 구분하였다. 운동학적 요인을 분석하기 위해 Sony DSR PD-150 비디오 카메라 5대를 이용하여 촬영하였으며, Kwon3D 3.1 프로그램을 이용하여 3차원 위치좌표를 얻었다. 영상으로부터 얻은 3차원 위치좌표는 Matlab 6.5를 이용하여 거리요인, 속도요인, 그리고 각도요인을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 창의 투사속도에 있어서 릴리즈 단계의 수직속도는 집단 간에 통계적인 차이를 보이지 않았지만, 수평속도는 집단 간에 유의한 차이( $p<.05$ )가 있는

것으로 나타났고, 신체중심 속도는 집단 간에 통계적인 차이를 보이지 않았다.

2. 릴리즈 순간의 투사각에 있어서 우수 집단은 평균 36.3°를 보였고, 준우수 집단은 평균 42.3°를 보이면서 집단 간에 유의한 차이( $p<.05$ )가 있는 것으로 나타났으며, 공격각에 있어서는 통계적인 차이를 보이지 않았다.
3. 릴리즈 순간 투사높이에 있어서는 집단 간에 유의한 차이가 없는 것으로 나타났고, 신체중심 높이에 있어서도 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.
4. 지지다리의 무릎각에 있어서 힘 발 착지(우수>준우수)와 지지발 착지(우수<준우수) 그리고 완전착지(우수<준우수)에서 집단 간에 유의한 차이( $p<.05$ )가 있는 것으로 나타났지만, 릴리즈 순간에 있어서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 어깨각에 있어서도 힘 발 착지에서만 유의한 차이( $p<.05$ )를 보였고, 릴리즈 단계에 있어서는 유의한 차이를 보이지 않았다.

## 참고문헌

- 김순윤(1993). 창던지기 상지의 운동학적 분석에 관한 연구. 미간행 석사학위논문. 명지대학교 대학원.
- 김태삼, 이영선(2005). 남자 창던지기의 크로스 스텝과 릴리버리 구간의 운동학적 분석. 한국스포츠투치서치, 16(1).
- 박재명(2008). 남자 창던지기 지지발 착지 시 무릎 각도와 기록에 따른 운동학적 차이. 미간행 석사학위논문. 한국체육대학교 대학원.
- 백진호, 김재필(2001). 여자 창던지기 경기 시 투사구간의 운동학적 특성. 한국체육학회지, 40(2), 853-860.
- 서학용(1989). 투창에서 도움닫기 거리가 투척동작과 투척거리에 미치는 영향. 미간행 박사학위논문. 서울대학교 대학원.
- 양동영, 조필환, 정남주(2002). 남자 창던지기 경기

- 의 투사구간에 대한 운동학적 분석. 한국 체육학회 학술발표회. 798-811.
- 윤희중, 홍순모, 김태삼(2000). 여자 창던지기 선수들의 운동학적 분석. 제38회 한국체육학회 학술발표회. 798-811
- 이영선(2003). 여자 창던지기 도움닫기 최종 1보와 릴리즈 동작의 운동학적 분석. 미간행 석사학위논문. 한국체육대학교 대학원.
- 이종훈, 김재필, 이연종(2000). 창던지기의 운동학적 분석. 한국체육학회지, 39(4), 727-735.
- 이종훈(2001). 여자 창던지기 동작의 Kinematic적 요인분석. 한국학교체육학회지, 11(1), 41-50.
- 이종훈(2002). 창던지기 동작의 Kinematic적 특성분석. 한국운동역학회지, 12(2), 345-359.
- 허성민(2001). 창던지기 릴리즈 국면의 운동학적 분석. 미간행 석사학위논문. 공주대학교 교육대학원.
- 최규정(1988). 투창의 생체역학 및 코칭. 스포츠과학 정보, 25, 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/UII 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., 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.
- 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-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.
- Hubbard, M., & Always, L. W.(1989). Rapid and accurate estimation of release conditions in the javelin throw. *Journal of Biomechanics*, 22, 583-595.
- Jorg, B., & Lutz, K.(1998). The technique of the best female javelin throwers in 1997. *International Journal of Sport Biomechanic*, 1, 73-77.
- 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.
- 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.
- 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, 166-179.
- Mero, A., & Komi, P. V.(1994). Body Segment Contributions to Javelin Throwing During Final Thrust Phases. *Journal of Applied Biomechanics*, 10, 166-177.
- Morriss, C., & Bartlett, R.(1996). Biomechanical factors critical for performance in the men's javelin throw. *Sports Medicine*, 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.
- Plagenhoef, S.(1983). Anatomical data for analyzing human motion. *Research Quarterly for Exercise and Sports*, 54(2), 169-178.
- 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.
- Viitasalo, 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.
- 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 Sport Biomechanic*, 7, 111-124.
- Zhang, B.(2001). Biomechanics analysis of left leg movement in final force of javelin throw. *Journal of Hubei Sports Science*, 20(3), 45-47.

투 고 일 : 10월 31일

심 사 일 : 11월 11일

심사완료일 : 12월 02일