

여자 창던지기 시 기록 차이에 따른 투사요인의 운동학적 분석

박재명¹ · 윤석훈²

¹한국체육대학교 대학원 체육학과 · ²한국체육대학교 사회체육학부

Kinematical Analysis of Projection Factors to Record Difference during Women's Javelin Throwing

Jae-Myoung Park¹ · Seok-Hoon Yoon²

¹Department of Physical Education, Graduate School of Korea National Sport University, Seoul, Korea

²Department of Community Sport, School of Community Sport, Korea National Sport University, Seoul, Korea

Received 25 October 2010; Received in revised form 04 December 2010; Accepted 15 December 2010

ABSTRACT

This study intends to analyze the projection factors' difference on each record of women's javelin throwing. For this purpose, the research analyzed the best record and the lowest one of athletes in top 1~7 ranks respectively, who participated in 2009 Daegu Pre-Championship Meeting. For analyze kinematic factors, we analyzed their game photos mainly shot by 3 cameras installed in side places. The used analysis program was Kwon3D 3.1. Analysis variables were the projection velocity, angle, height, trunk lean angle, and supporting leg's knee angle. The results concluded as follows: Different record showed statistically significant differences($p<.05$) in terms of horizontal velocity and resultant velocity. There were no statistically significant differences in the variables of projection angle, its height, trunk lean angle and knee angle of support leg. But for the analyzed results to each individual characteristics, the horizontal velocity, projection height, knee angle of support leg and trunk lean angle of release event appeared to have influence on record.

Keywords : Javelin, Kinematic, Release, Projection, Support leg, Trunk lean

I. 서론

창던지기는 다른 투척 종목과 달리 거리 35 m, 너비 4 m의 정해진 도움단기의 구역 안에서 길이(여자 2m 20~30 cm, 남자 2m 60~70 cm), 무게(여자: 600 g, 남자: 800 g)의 금속체로 만들어진 창을 얼마나 더 많이 던지는 경기 종목으로서 투척경기 중 유일하게 가장 많은 거리를 던질 수 있는 종목이다. 이러한 창던지기는 다른 투척 종목에 비해 투사 속도, 투사 각도, 그리고 투사 높이 등과 같은 창을 투사 할 때 작용하는 역학적 요

인의 기술적인 측면이 중요함과 동시에 창을 보다 더 멀리 던지기 위해서는 체격적인 면의 신장과 팔의 길이, 그리고 상체가 강해야한다는 체력적인 면이 중요하다. 뿐만 아니라 창던지기 종목은 창을 던지기까지의 운동 반경이 넓어 조정력, 순발력, 강한 근력을 요하는 체력적인 면이 중요한 요인으로 작용하는 경기이다(허성민, 2001, 박재명, 2008).

이러한 역학적 요인의 특성이 작용하는 기술적 측면, 체력적 측면, 그리고 체격적 측면 중에서 창던지기 기록에 가장 큰 영향을 주는 요인에 대해 윤희중, 홍순모, 및 김태삼(2000)은 도움단기의 스피드와 힘을 창에 작용하는 점진적인 속도와 가속도 그리고 팔의 가속도에 의해 결정되는 투사속도가 가장 중요한 요인으로 보고하고 있다. 김순윤(1993), 오봉석 과 조영제(2003)도 크로스 스텝에서 릴리즈 순간까지의 알맞은 스텝거리, 속도의 변화 없이 연속성 있는 도약동작을 수행하는 것이 중요하기 때문에, 포환이

Corresponding Author : Jae-Myoung Park
Department of Physical Education, Graduate School of Korea National Sport University, 88-15 Oryun-dong, Songpa-gu, Seoul, Korea
Tel : +82-2-410-6692 / Fax : +82-2-418-1877
E-mail : korea-jm85@hammail.net
이 연구는 2010 International Sport Science Congress 포스터 발표내용임.

나 해머종목과 달리 큰 체형이 아니어도 좋은 기록을 낼 수 있는 특성을 가지고 있는 것이 창던지기 종목이라 보고하고 있다.

그러나 창던지기의 기록을 향상시키기 위해서는 앞서 제시한 체력적인 면과 체격적인 면도 중요하지만, 기술적인 면과 관련된 특성을 많은 선행 연구자들이 보고하고 있는데, Whitting, Gregor 와 Halushka(1991), Hubbard 와 Always(1989)는 릴리즈 순간에 있어서 위치, 속도, 자세, 각속도가 최적의 조건에서 최대의 비행거리를 얻을 수 있다고 보고하였으며, Ikegami, Miura, Matsui 와 Hashimoto(1981), 이종훈(2001), 문영진, 박재범, 및 송주호(2004)에 의하면 비행거리를 증가시키기 위해서는 최대한 상지분절의 가속도를 크게 함으로써 릴리즈 시 순간속도를 최대로 끌어 올려야 한다고 보고하였다.

Rich, Whiting, McCoy 와 Gregor(1985)는 최대 비행거리를 얻기 위해서는 속도와 각도변인들의 상호작용에 의해서 이루어지며, 투사 속도와 투사 높이의 기술적 요인은 체격과 체력적인 조건에 의해 차이가 나는 것으로 보고하고 있다. 이처럼 창의 비행거리는 도움닫기 속도와 릴리즈 구간에서의 기술적 측면에 의해 결정된다고 많은 연구자들이 보고하였고(Bottcher & Kuhl, 1998; Bartlett, Muller, Raschner, Lindinger & Jordan, 1995; Mero & Komi, 1994; Bosen, 1985; Roger & Russell, 1988; Komi & Mero, 1985; 백진호, 김재필, 2001; 이종훈, 2002; 이영선, 2003; 홍순모, 이영선, 김태삼, 2004), 이와 유사한 연구로 80년대부터 현재까지 적지 않은 연구자들이 기록에 미치는 요인들을 규명해 왔다.

뿐만 아니라 기술적 측면 중 지지발 착지 자세와 경기력과 의 관계에 관한 연구가 이루어져 왔는데, Morriss, Bartlett와 Fowler(1997)에 의하면, 지지발 착지 시 무릎을 펴는 것은 질량 중심 속도의 큰 감속을 야기 시킴에 따라 운동량이 작아지는 것으로 보고하였지만, 상대적으로 릴리즈 시 하체의 안정성을 유지하고, 상체로의 운동량 전이를 위해 지지발 착지 시 무릎을 펴는 것을 강조하였다. Zhang(2001), Li(2000), Wang(1997), 이종훈 등(2000)도 지지발 착지 시 무릎 각은 최대한 신전시킴으로서 지지발의 탄력적인 착지 힘(breaking force)을 이용해야 하기의 운동량을 창으로 전이시켜 비행거리를 증가시키는 것으로 보고하였고, 김순윤(1993)은 투사 시 무릎 관절이 완전히 신전될 경우 몸통 회전이 강하고 빨라서 운동량이 크게 작용하지만, 부상의 위험이 따르게 됨으로 어느 정도 굽히는 것이 적절하다고 보고하고 있다.

이와 같은 결과에 대한 박재명(2008)은 남자 엘리트 선수들을 대상으로 기록과 무릎각의 상관관계를 분석한 결과에 의하면, 지지발 착지 시 기록과 무릎각에서 정적 상관관계를 보이면서 무릎각이 신전될수록 기록이 좋은 것으로 보고한 것과 달리 여자 선수들을 대상으로 분석한 이영선(2009)은 지지발 착지에서는 무릎이 굴곡된 자세일수록 기록이 좋은 것으로 나타나면서 앞서 제시된 선행연구와 상반된 결과를 보였다.

이처럼 창던지기 기록에 영향을 미치는 것은 도움닫기 스피드, 릴리즈 순간의 운동학적 요인인 신체 분절의 속도와 운동량의 역학적 요인, 그리고 지지발 착지 시 무릎 근력 등의 요인에 의해 이루어지는 것으로, 기록을 향상시키기 위해서는 지지발 착지와 릴리즈 동작이 역학적인 인과관계를 연결시키는 중요한 부분(Bottcher & Kuhl, 1988)이라 할 수 있다. 이와 같이 경기력 향상을 위해 많은 연구에 불구하고, 국내 여자부 최고 기록은 2004년 장정연 선수가 60.92 m로 한국기록을 수립한 이후, 현재 여자부 기록은 58.09 m(김경애 선수)로 오히려 기록이 낮아지고 있는 실정에 있다.

특히 세계 최고 기록은 Maria Abakumova(러시아)의 68.59 m, 아시아의 기록은 Juan Xue(중국)의 61.51m와 비교할 때 세계 기록과는 많은 차이를 보이고 있지만, 아시아 기록과는 큰 차이를 보이지 않고 있기 때문에 선수들에게 많은 역학적 지식과 피드백 제공은 경기력 향상에 크게 기여할 것으로 보여진다. 그러나 국내 여자부 선수들의 기록이 낮음에도 불구하고, 최근 여자 창던지기 숙련도에 따른 지지발 착지와 릴리즈 단계의 역학적 요인과 기록과의 관계를 분석한 이영선(2009) 외에 국내 여자선수들을 대상으로 분석한 연구는 미비한 실정에 있으며, 국내 선행연구에서는 선수 개개인에 대한 분석보다 우수기록에 중점적으로 분석대상이 이루어져 선수들에 대한 정량적 정보를 제공하는데 문제점을 보이고 있다.

따라서 본 연구는 국내 여자 선수들을 대상으로 실험상황이 아닌 실제 경기 상황에서 선수들의 최고기록과 최저기록에서 나타나는 문제점을 운동학적으로 분석하여 선수들에 대한 기술적 측면의 문제점을 보완하여 경기력 향상을 위한 정보를 제공하는데 있다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

본 연구는 2009년 대구육상선수권대회에 참가한 여자 선수들 중 결선 1위부터 7위까지 7명의 선수들을 대상으로 선정하였으며, <Table 1>은 대상자의 신체적 특성과 결선 각 trial별 기록, 최고기록과 최저기록, 그리고 각 순위에 대한 자료를 나타낸 것이다.

2. 실험 장비

본 연구에 사용된 실험장비와 분석 장비는 <Table 2>와 같은 촬영 장비와 영상분석 장비를 사용하였다.

Table 1. Characteristics of subjects

	Height (m)	Body mass (kg)	Official record (m)	Career (yrs.)	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	Rank record	Rank	Analysis trail (unit: m)	
													Max	Min
S1	1.63	62	58.76	10	55.92	55.32	56.81	55.06	54.40	x	56.81	1	3rd	5th
S2	1.60	64	54.71	13	x	47.37	x	51.22	x	51.67	51.67	2	6th	2nd
S3	1.68	69	52.86	8	48.18	x	x	x	49.94	51.66	51.66	3	6th	1st
S4	1.74	80	52.35	11	50.89	50.09	x	x	x	x	50.89	4	1st	2nd
S5	1.72	72	54.55	12	46.54	48.65	47.40	x	47.10	47.70	48.65	5	2nd	1st
S6	1.65	65	50.58	6	45.26	44.54	42.54	40.99	41.98	44.57	45.26	6	1st	4th
S7	1.65	60	48.49	8	39.20	42.31	x	x	43.77	x	43.77	7	5th	1st

Max : Maximum, Min: Minimum

Table 2. Experimental equipments

Equipment	Product	Manufacturer
Photograph instrument	Sony DSR PD 150 Control Object(5*6*1)	Sony Ins. VISOL Ins.
Analysis instrument	Kwon3D Version 3.1	VISOL Ins.

3. 실험 절차

창던지기 릴리즈 구간 동작을 분석하기 위해 Sony 비디오 카메라 3대를 이용하여 영상을 촬영하였고, 영상분석에 필요한 공간 좌표를 얻기 위해 <Figure 1>과 같이 높이 5 m, 길이 6 m, 폭 1 m의 통제점 틀을 사용하였다. 카메라 영상은 30 frames/s로 촬영하였고, 셔터스피드는 100 Hz/s로 설정하였다.

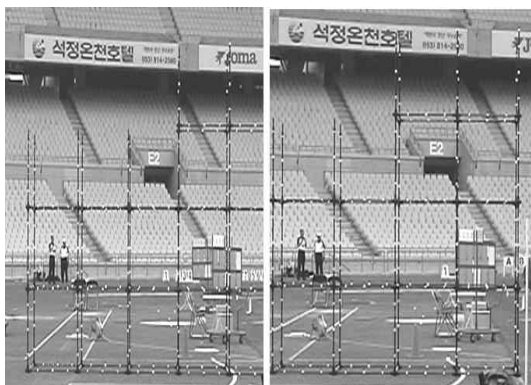


Figure 1. Setting of control object

4. 자료처리 및 분석 변인

인체는 22개의 관절점과 3개의 가상 관절점(창의 머리, 그림, 꼬리점)으로 총 25개의 관절점에 15개의 분절이 연결된 강체구조(linked rigid body system)로 정의하였고, 각 분절과 전신의 신

체중심을 구하기 위한 신체분절지수(body segment parameter)는 Plagenhoef, Evans 와 Abdelnour(1983)의 자료를 이용하였다.

릴리즈 국면에 대한 운동학적 요인은 거리요인, 속도요인, 그리고 각도요인이며, 각도요인중 몸통각(trunk lean angle)은 몸통과 수직축(Z axis)이루는 절대각(absolute angle)으로 정의하였고, 릴리즈각(release angle)과 자세각(attitude angle)에 대한 공격각(attack angle)의 설정은 <Figure 2>와 같이 설정하였다.

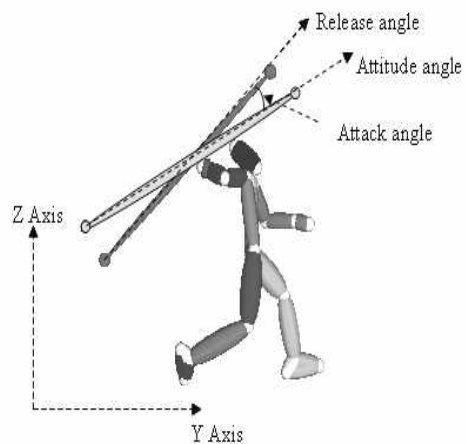


Figure 2. Definition of javelin angles

릴리즈각은 시상면에서 릴리즈 된 창의 속도방향과 지면과 평행한 가상의 기준선이 이루는 절대각이며, 공격각은 창과 창 중심의 속도벡터의 각으로 자세각과 릴리즈각의 차이를 말한다. 그리고 무릎각은 지지다리의 대퇴와 하퇴가 이루는 상대각(relative angle)으로 정의하였다. 이 연구를 수행하는데 있어서 분석국면 설정은 지지발 착지에서 릴리즈까지로 설정하였으며, 투사속도, 투사각도, 그리고 투사높이는 릴리즈순간에서의 특성을 분석하였다. 그리고 몸통각과 지지다리(support leg)의 무릎각에 대한 이벤트(event) 설정은 지지발 착지순간과 완전착지, 그리고 릴리즈 순간으로 설정하여 각각 분석하였다(Figure 3).

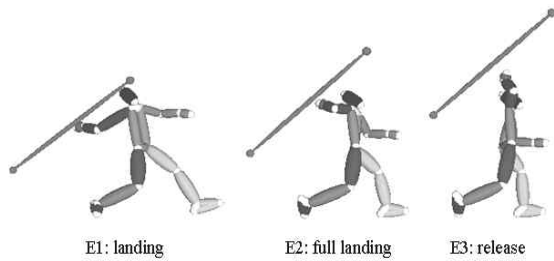


Figure 3. Definition of events

5. 통계처리 방법

본 연구에서 투사속도, 투사각도, 투사높이, 지지다리의 무릎 각과 상체전·후경각에 대한 자료는 평균과 표준편차를 계산하였고, 최고기록과 최저기록의 운동학적 차이를 검증하기 위해 각 요인에 대한 *t* 검증(paired *t*-test)을 실시하였으며, 이때 유의 수준은 $p < .05$ 로 설정하였다.

III. 결과

1. 릴리즈순간의 투사속도

<Table 3>은 릴리즈순간 최고기록과 최저기록의 수평속도와 수직속도, 그리고 합성속도에 대한 차이와 기록 간 속도성분에 대한 차이 검증치를 나타낸 것이다.

표에 제시된 속도 성분에 대한 특성을 살펴보면, 수평속도의 경우 최고기록이 평균 17.69 ± 1.17 m/s를 보인 반면에 최저기록에서는 평균 16.70 ± 0.86 m/s로 최저기록이 평균 0.99 ± 1.00 m/s 낮은 속도를 보였고, 피험자 S1, S2, S3, S4, S5, S6의 경우 최고 기록보다 최저기록에서 수평속도가 낮은 결과를 보이면서 통계적인 차이($p < .05$)를 보였다.

수직속도의 특성을 보면, 최고기록과 최저기록이 각각 평균 12.25 ± 0.80 m/s와 12.14 ± 0.89 m/s로 기록 간에 차이를 보이지 않았지만, 피험자 S1, S3, S6, S7의 경우 최저기록에서 낮은 수직속도를 보인 반면에 피험자 S2, S4, S5는 최저기록에서 수직속도가 증가된 특성을 보였다.

합성속도의 특성을 보면, 최고기록보다 최저기록에서 낮은 속도를 보이면서 통계적인 차이($p < .05$)를 보였고, 피험자 S4를 제외한 모든 피험자의 합성속도가 최저기록에서 낮은 속도를 보였다.

특히 피험자 S1, S3, S6의 경우 수평속도와 수직속도가 최고 기록보다 최저기록이 낮은 속도를 보인 반면에 피험자 S2, S4, S5의 경우는 최저기록에서 수평속도가 작은 반면에 수직속도가 증가된 특성을 보였다.

2. 릴리즈순간의 투사각도

<Table 4>은 릴리즈 순간의 최고기록과 최저기록의 자세각(attitude angle)과 릴리즈각(release angle), 그리고 공격각(attack angle)에 대한 차이와 기록 간 투사각도 요인에 대한 차이 검증치를 나타낸 것이다. 표에서 자세각은 릴리즈 전 창 머리점과 꼬리점을 이은 선과 지면이 이루는 각, 릴리즈각은 창 속도 벡터와 수평면이 이루는 각, 그리고 공격각은 자세각과 릴리즈각의 차이를 나타낸 각이다.

표에 제시된 각도의 특성을 살펴보면, 자세각의 경우 최고기록이 평균 34.6 ± 1.90 도를 보인 반면에 최저기록에서는 평균 36.1 ± 3.09 도를 보이면서 평균 1.5 ± 2.82 도 큰 자세각을 보였다.

개인별 특성을 보면 피험자 S3, S7의 경우 최고기록보다 최저기록에서 작은 자세각을 보인 것과 달리 피험자 S1, S4, S5, S6의 경우 최저기록에서 자세각이 큰 특성을 보였고, 특히 피험자 S2의 경우는 다른 피험자들보다 6.5 도가 큰 자세각을 보였다.

릴리즈각의 특성을 보면, 최고기록과 최저기록이 각각 평균 37.1 ± 2.94 도와 37.8 ± 3.53 도를 보이면서 큰 차이를 보이지 않았지만, 최저기록에서 다소 큰 특성을 보였다. 개인별 특성에 있어서 피험자 S4, S5, S6, S7의 경우 최고기록과 최저기록에서 큰 차이를 보이지 않은 반면에 피험자 S1의 경우 최저기록이 36.5 도로 최고기록보다 작은 각도를 보인 반면에 피험자 S2의 경우는 최저기록이 43.7 도로 최고기록보다 6.1 도 큰 각도에서 릴리즈 되는 특성을 보였다.

Roger et al.(1996), Morriss 와 Barlett(1996), Mero et al.(1994), Best, Bartlett 과 Morriss,(1993), Whiting et al.(1991), Rich, Gregor, Whiting 과 McCoy(1986), 이영선(2009), 문영진 등(2004), 허성민(2001)의 연구에 의하면, 효율적인 릴리즈는 공격각의 크기가 작게 나타나야 하는 것으로 보고하고 있다. 이 연구에서 자세각과 릴리즈각의 차이를 나타낸 공격각의 특성을 보면, 최고기록에서는 평균 1.5 ± 2.82 도를 보였고, 최저기록에서는 평균 0.7 ± 2.77 도로 최고기록보다 평균 0.8 ± 2.56 도 작은 공격각을 보이면서, 피험자 간에 많은 편차를 보였지만 최고기록보다 최저기록에서 다소 효율적인 릴리즈 동작이 이루어지는 특성을 보였다.

3. 릴리즈순간의 투사높이

<Table 5>은 릴리즈 순간의 최고기록과 최저기록의 투사 높이에 대한 차이와 기록 간 차이 검증치를 나타낸 것이다.

릴리즈 순간의 투사높이를 살펴보면, 최고기록에 있어서는 평균 1.66 ± 0.06 m로 신장의 99.5 ± 4.13 %를 보인 반면에 최저기록에 있어서는 평균 1.63 ± 0.04 m로 신장의 97.9 ± 3.08 %를 보이면서 최고기록이 최저기록보다 다소 높은 위치에서 릴리즈가 이루어지는 것으로 나타났다.

Table 3. Velocity of Javelin

(unit: m/s)

Subject	Trial	Record (m)	Dif (m)	Components			Dif		
				V _H	V _V	V _R	V _H	V _V	V _R
S1	Max(3rd)	56.81	2.41	19.19	13.08	23.22	-1.22	-0.56	-1.32
	Min(5th)	54.40		17.97	12.52	21.90			
S2	Max(6th)	51.67	4.30	19.43	12.61	23.17	-2.97	0.94	-1.85
	Min(2nd)	47.37		16.46	13.55	21.32			
S3	Max(6th)	51.66	3.48	17.49	13.05	21.82	-0.92	-1.33	-1.52
	Min(1st)	48.18		16.57	11.72	20.30			
S4	Max(1st)	50.89	0.80	16.76	11.54	20.35	-0.69	1.03	0.05
	Min(2nd)	50.09		16.07	12.57	20.40			
S5	Max(2nd)	48.65	2.11	16.56	12.79	20.92	-1.11	0.09	-0.80
	Min(1st)	46.54		15.45	12.88	20.12			
S6	Max(1st)	45.26	4.27	16.86	11.39	20.35	-0.07	-0.41	-0.29
	Min(4th)	40.99		16.79	10.98	20.06			
S7	Max(5th)	43.77	4.57	17.52	11.32	20.86	0.07	-0.58	-0.26
	Min(1st)	39.20		17.59	10.74	20.60			
M	Max	49.82	3.13	17.69	12.25	21.53	-0.99	0.12	-0.86
SD		4.39		1.17	0.80	1.24			
M	Min	46.68	1.41	16.70	12.14	20.67	1.00	0.86	0.72
SD		5.20		0.86	1.03	0.69			
전체 (n=14)	M	48.25		17.19	12.20	21.10			
	SD	4.90		1.11	0.89	1.06			
t value				2.600*	.360	3.128*			

Dif : difference between max and min * $p < .05$

Table 4. Angle of Javelin

(unit: deg)

Subject	Trial	Record (m)	Dif (m)	Components			Dif		
				Attitude	Release	Attack	Attitude	Release	Attack
S1	Max(3rd)	56.81	2.41	34.3	39.6	5.3	0.6	-3.0	-3.6
	Min(5th)	54.40		34.9	36.5	1.7			
S2	Max(6th)	51.67	4.30	33.0	37.6	4.7	6.5	6.1	-0.4
	Min(2nd)	47.37		39.5	43.7	4.2			
S3	Max(6th)	51.66	3.48	36.7	31.7	-5.0	-1.5	1.8	-3.3
	Min(1st)	48.18		35.3	33.5	-1.7			
S4	Max(1st)	50.89	0.80	34.5	37.0	2.4	3.5	-0.3	-3.8
	Min(2nd)	50.09		38.0	36.6	-1.4			
S5	Max(2nd)	48.65	2.11	37.7	40.6	3.0	2.1	0.6	-1.6
	Min(1st)	46.54		39.8	41.2	1.4			
S6	Max(1st)	45.26	4.27	33.2	38.0	4.8	0.9	0.0	-0.8
	Min(4th)	40.99		34.0	38.0	4.0			
S7	Max(5th)	43.77	4.57	32.9	35.2	2.3	-1.5	0.0	1.4
	Min(1st)	39.20		31.4	35.2	3.8			
M	Max	49.82	3.13	34.6	37.1	2.5	1.5	0.7	-0.8
SD		4.39		1.90	2.94	3.51			
M	Min	46.68	1.41	36.1	37.8	1.7	2.82	2.77	2.56
SD		5.20		3.09	3.53	2.50			
t value				-1.415	-675	.808			

Dif : difference between max and min

개인별 특성을 보면, 피험자 S1, S3, S5, S6의 경우는 최고기록보다 최저기록에서 다소 낮은 투사높이를 보인 반면에 피험자 S2, S4, S7의 경우는 최고기록보다 최저기록에서 다소 높은 투사높이를 보이면서 상반된 특성을 보였지만 큰 차이를 보이지 않았다. 특히 피험자 S1과 S7의 경우는 다른 피험자들보다 다소 높은 투사높이를 보였지만, 피험자 S1의 경우 가장 좋은 기록을 보인 반면에 피험자 S7의 경우는 높은 투사높이를 보였음에도 불구하고 가장 낮은 기록을 보이면서 피험자 S1과 상반되는 결과를 보였다.

Table 5. Height of javelin (unit: m/%)

Subject	Trial	Record (m)	Dif (m)	Height/rate	Dif/rate
S1	Max(3rd)	56.81	2.41	1.70/104.3	-0.08/4.9
	Min(5th)	54.40		1.62/99.4	
S2	Max(6th)	51.67	4.30	1.56/97.5	0.02/1.3
	Min(2nd)	47.37		1.58/98.8	
S3	Max(6th)	51.66	3.48	1.71/101.8	-0.07/4.2
	Min(1st)	48.18		1.64/97.6	
S4	Max(1st)	50.89	0.80	1.60/92.0	0.03/1.7
	Min(2nd)	50.09		1.63/93.7	
S5	Max(2nd)	48.65	2.11	1.68/97.7	-0.05/2.9
	Min(1st)	46.54		1.63/94.8	
S6	Max(1st)	45.26	4.27	1.66/100.6	-0.04/2.4
	Min(4th)	40.99		1.62/98.2	
S7	Max(5th)	43.77	4.57	1.69/102.4	0.01/0.6
	Min(1st)	39.20		1.70/103.0	
M	Max	49.82	3.13	1.66±0.06/	-0.03±0.05/
SD		4.39		99.5±4.13	
M	Min	46.68	1.41	1.63±0.04/	-1.5±2.71
SD		5.20		97.9±3.08	
t value				.182	

Dif : difference between max and min

4. 릴리즈 국면에서 지지다리 무릎각의 변화

<Table 6>은 릴리즈 국면에서 지지다리 착지순간(landing), 완전 착지가 이루어진 최소 무릎각(min angle), 그리고 릴리즈 순간(release)의 무릎각에 대한 최고기록과 최저기록의 차이와 기록 간 차이 검증치를 나타낸 것이다.

릴리즈 국면에 대한 지지다리의 무릎각의 특성을 살펴보면, 착지순간에 있어서 최고기록은 평균 164.8±4.77도를 보였고, 최저기록에서는 평균 166.6±7.09도로 최고기록보다 평균 1.8±3.87도 신전된 자세로 착지하는 것으로 나타났지만, 완전 착지 시 최소 무릎각에 있어서는 최고기록이 평균 143.3±8.52도를 보였고, 최저기록에서는 평균 136.3±10.97도를 보이면서 최고기록보다 최저기록이 평균 7.0±11.38도 굴곡된 자세에서 완전 착지동작이 이루어지는 특성을 보였다.

그러나 릴리즈 순간에 있어서는 최고기록이 평균 158.8±8.70도를 보였고, 최저기록에서는 평균 155.1±13.18도를 보이면서 최저기록보다 최고기록이 평균 3.6±12.57도 신전된 자세에서 릴리즈 동작이 이루어지는 특성을 보였다.

개인별 특성을 살펴보면 피험자 S1의 경우 착지순간, 완전착지, 그리고 릴리즈순간에 있어서 다른 피험자들과 달리 최고기록과 최저기록에서 큰 차이를 보이지 않는 반면에 피험자 S2, S4, S6, S7의 경우는 최저기록의 완전착지에서 무릎이 크게 굴곡된 자세를 보이면서 중심이 크게 낮아지는 특성을 보였다. 릴리즈 순간에 있어서도 피험자 S6과 S7의 경우 최저기록에서 무릎이 크게 굴곡된 자세를 보이면서 중심이 크게 낮아진 자세에서 릴리즈 동작이 이루어진 특성을 보였다.

5. 릴리즈 국면에서 상체전·후경각의 변화

<Table 7>은 릴리즈 국면에서 지지다리 착지순간, 완전 착지, 그리고 릴리즈 순간 상체전·후경각에 대한 최고기록과 최저기록의 차이와 기록 간 차이 검증치를 나타낸 것이다. 표에서 - 값은 후경자세를 의미하며, + 값은 전경자세를 의미한다.

릴리즈 국면에 대한 상체전·후경각의 특성을 살펴보면, 착지순간에 있어서 최고기록은 평균 15.9±1.71도의 후경각을 보였고, 최저기록에서는 평균 15.1±2.81도의 후경각을 보이면서 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다.

완전 착지순간에 있어서 최고기록은 평균 9.4±2.72도, 최저기록은 평균 8.3±3.46도의 후경각을 보이면서 최고기록이 최저기록보다 평균 1.2±3.50도 큰 후경자세를 보였다. 릴리즈 순간의 자세각을 보면, 최고기록에서는 평균 16.2±4.30도의 전경각을 보인 반면에 최저기록에서는 평균 14.4±1.96도를 보이면서 최고기록이 평균 1.8±3.59도 큰 전경자세에서 릴리즈 동작이 이루어지는 특성을 보였다.

개인별 특성을 살펴보면, 피험자 S2, S5, S7의 경우 최고기록과 최저기록 간에 큰 차이를 보이지 않았지만, 최고기록이 착지 순간과 완전착지에서 다소 후경각이 크고, 릴리즈 순간에는 전경각이 작은 결과를 보인 반면에 피험자 S1과 S6의 경우 최고기록이 최저기록보다 착지순간과 완전착지에서 후경각이 작고, 릴리즈 순간에 있어서는 전경각이 큰 특성을 보이면서 피험자 S2, S5, S7과 대조적인 결과를 보였다.

특히 피험자 S3과 S4의 경우를 살펴보면, 피험자 S3은 최고기록이 착지 순간과 완전착지에서 큰 후경각을 보인 반면에 릴리즈 순간에 있어서는 유사한 자세각을 보였고, 피험자 S4의 경우 착지 순간과 완전착지에서는 유사한 자세각을 보였지만, 릴리즈 순간에 있어서는 전경각이 작은 자세각으로 릴리즈 동작을 수행하는 특성을 보였다.

Table 6. Angle of knee joint

(unit: deg)

Subject	Trial	Record (m)	Dif (m)	Components			Dif		
				Landing	Full landing	Release	Landing	Full landing	Release
S1	Max(3rd)	56.81	2.41	169.4	152.4	167.8	3.3	1.3	0.7
	Min(5th)	54.40		172.7	153.7	168.5			
S2	Max(6th)	51.67	4.30	167.1	140.5	145.3	3.6	-13.6	14.2
	Min(2nd)	47.37		170.7	126.9	159.5			
S3	Max(6th)	51.66	3.48	166.7	142.7	164.9	3.1	0.2	-4.2
	Min(1st)	48.18		169.8	142.9	160.7			
S4	Max(1st)	50.89	0.80	161.8	128.2	148.7	4.2	-0.5	-4.3
	Min(2nd)	50.09		166.0	127.7	144.4			
S5	Max(2nd)	48.65	2.11	169.6	141.4	163.3	-1.7	4.4	6.1
	Min(1st)	46.54		167.9	145.8	169.4			
S6	Max(1st)	45.26	4.27	156.6	153.9	164.2	-5.3	-26.6	-14.3
	Min(4th)	40.99		151.3	127.3	149.9			
S7	Max(5th)	43.77	4.57	162.1	144.3	157.2	5.6	-14.5	-23.7
	Min(1st)	39.20		167.7	129.8	133.5			
M	Max	49.82	3.13	164.8	143.3	158.8	1.8	-7.0	-3.6
SD		4.39		4.77	8.52	8.70			
M	Min	46.68	1.41	166.6	136.3	155.1	3.87	11.38	12.57
SD		5.20		7.09	10.97	13.18			
t value				.258	.153	.472			

Min : Minimum knee angle, Dif : difference

Table 7. Angle of trunk lean

(unit: deg)

Subject	Trial	Record (m)	Dif	Components			Dif		
				Landing	Full landing	Release	Landing	Full landing	Release
S1	Max(3rd)	56.81	2.41	-16.5	-7.0	22.3	1.4	1.2	-4.9
	Min(5th)	54.40		-17.9	-8.2	17.4			
S2	Max(6th)	51.67	4.30	-14.8	-8.7	13.0	-0.5	-0.4	0.1
	Min(2nd)	47.37		-14.3	-8.3	13.1			
S3	Max(6th)	51.66	3.48	-18.0	-9.8	14.0	-8.2	-7.7	0.6
	Min(1st)	48.18		-9.8	-2.1	14.6			
S4	Max(1st)	50.89	0.80	-14.5	-7.8	20.6	0.4	-1.9	-8.2
	Min(2nd)	50.09		-14.9	-5.9	12.4			
S5	Max(2nd)	48.65	2.11	-15.8	-12.7	11.9	-1.4	-1.9	1.0
	Min(1st)	46.54		-14.4	-10.8	12.9			
S6	Max(1st)	45.26	4.27	-13.7	-6.6	19.0	2.3	3.7	-2.2
	Min(4th)	40.99		-16.0	-10.3	16.8			
S7	Max(5th)	43.77	4.57	-18.1	-13.5	12.6	0.1	-1.1	1.3
	Min(1st)	39.20		-18.2	-12.4	13.9			
M	Max	49.82	3.13	-15.9	-9.4	16.2	-0.8	-1.2	-1.8
SD		4.39		1.71	2.72	4.30			
M	Min	46.68	1.41	-15.1	-8.3	14.4	3.46	3.50	3.59
SD		5.20		2.81	3.45	1.96			
t value				-.644	-.950	1.216			

Dif : difference

IV. 논 의

창던지기는 신장과 팔의 길이, 상체가 강해야 하는 체격적 측면, 조정력, 순발력, 강한 근력을 요하는 체력적 측면, 지지발 착지 시 충격량을 크게 하여 운동에너지를 창에 전달시키기 위해 지지다리의 무릎을 신전시키는 자세와 릴리즈 시 창의 투사 속도, 투사각도, 투사높이와 같은 기술적 측면이 중요한 요인으로 작용한다.

Botthcher 와 Kuhl(1988)에 의하면 창던지기 기록에 영향을 미치는 것은 도움단기 속도와 릴리즈 순간, 신체 분절의 속도와 운동량의 역학적 요인이 중요하지만, 지지발 착지와 릴리즈 동작의 인과관계를 연결시키는 것이 중요한 관건으로 보고하고 있다. 최근 이영선(2009)의 연구에서도 창던지기는 지지발 착지 시 지면에 대한 충격량을 크게 하여 운동에너지로 전달시킬 수 있는 역학적 요인과 릴리즈 구간에서 운동학적 요인의 중요성을 강조하면서, 착지구간과 릴리즈 동작에 대한 상관관계를 분석하여 경기력 향상을 위해 많은 정량적 정보를 제공하고 있다.

그러나 앞서 기술하였듯이, 국내 선행연구에 있어서는 선수 개개인에 대해 기록 차이에 따른 문제점을 분석하여 피드백을 제공하기 보다는 우수 선수의 최고기록만을 중심으로 한 분석이 이루어져 선수 개개인에 대한 피드백의 정량적 자료를 확보하는데 많은 문제점을 나타내고 있다. 따라서 이 연구는 국내 여자 선수들을 대상으로 실험상황이 아닌 실제 경기 상황에서 선수들의 최고기록과 최저기록에서 나타나는 문제점을 운동학적으로 분석하여 선수들에 대한 기술적 측면의 문제점을 보완하여 경기력 향상을 위한 정보를 제공하는데 있다. 이를 위해 2009년 대구육상선수권대회에 참가한 여자 선수들 중 결선 1위부터 7위까지 7명의 선수들을 대상으로 결선 6차 시기 중 최고 기록과 최저기록을 선정하여 운동학적 요인을 분석하였다.

기록에 직접적인 영향을 주는 투사요인의 특성을 살펴보면, 투사속도의 수평성분에 있어서 최고기록이 평균 17.69 ± 1.17 m/s를 보인 반면에 최저기록에서는 평균 16.70 ± 0.86 m/s로 최저기록이 평균 0.99 ± 1.00 m/s 낮은 속도를 보이면서 통계적인 차이 ($p < .05$)를 보였고, 수직성분에 있어서는 최고기록과 최저기록이 각각 평균 12.25 ± 0.80 m/s와 12.14 ± 0.89 m/s로 큰 차이를 보이지 않았지만 최저속도가 다소 낮은 결과를 보였고, 합성속도에 있어서 최고기록은 평균 21.53 ± 1.24 m/s, 최저기록은 평균 20.67 ± 0.69 m/s를 보이면서 최저기록의 속도가 작은 결과를 보이면서 통계적인 차이 ($p < .05$)를 보였다. Viitasalo, Mononen 과 Norvapalo(2003)에 의하면, 여자 선수들의 경우 1m/s의 차이는 2.25 m에서 3.68 m의 차이가 나는 것으로 보고하였는데, 이 연구에서 최고기록은 평균 49.82 ± 4.39 m, 최저기록은 평균 46.68 ± 5.20 m를 보인 것과 비교할 때, Viitasalo et al.(2003)이 제시한 내용에 일치하는 특성을 보였다.

특히 우수 집단과 비우수 집단 간의 차이를 분석한 이영선(2003)에 의하면, 평균 기록이 48 m의 우수 집단은 합성속도가 20.30 m/s, 평균 기록이 40 m인 준우수 집단은 합성속도가 19.21 m/s를 보인 것과 유사한 결과를 보였으며, 기록이 좋을수록 릴리즈 순간 빠른 투사속도를 보이면서 우수선수가 준우수 선수보다 수평속도가 큰 특성을 보인 것과 비교할 때, 이 연구에 있어서도 피험자 S1, S2, S3, S4, S5, S6의 경우 최고기록보다 최저기록에서 수평속도가 낮은 결과를 보이면서 수평속도가 기록에 직접적인 영향을 준 것으로 나타났다.

투사요인과 관련된 두 번째 요인은 투사각으로서 릴리즈각과 관련된 선행연구를 보면, Viitasalo et al.(2003)의 연구에서는 26.9도-36.5도, Mero et al.(1994)는 34도, Rich et al.(1986)는 32.7도, Best et al.(1993)는 36.3도, 그리고 Ikegami et al.(1981)는 32.9도를 보였고, 국내 여자선수들을 대상으로 분석한 선행연구에 있어서 우수 집단과 준우수 집단을 분석한 이영선(2009)에 의하면, 우수 집단은 평균 36.3도를 보인 반면에 준우수 집단은 평균 42.3도를 보였고, 이종훈(2002)의 연구에서는 38.7도, 백진호와 김재필(2001)의 연구에서는 39.2도, 이종훈, 김재필, 및 이연중(2000)의 연구에서는 32.5도를 보였지만, 이 연구에 있어서 최고기록과 최저기록이 각각 평균 37.1 ± 2.94 도와 37.8 ± 3.53 도를 보이면서 선행연구와 큰 차이를 보이지 않았지만 릴리즈각이 다소 큰 특성을 보였다.

특히 Roger et al.(1996), Morriss 와 Barlett(1996), Mero et al.(1994), Best, Bartlett 와 Morriss(1993), Whiting et al.(1991), Rich et al.(1986), 이영선(2009), 문영진 등(2004), 허성민(2001)의 연구에 의하면, 효율적인 릴리즈 동작은 자세각과 릴리즈각이 같은 자세를 나타낼 때 보다 좋은 기록을 내는 것으로 보고하고 있는데, Mero et al.(1994)는 자세각과 릴리즈각이 31도와 32도, Whiting et al.(1991)는 각각 38도와 36도, 서국은(1993)은 35.7도와 37.3도, 이 연구에서는 최고기록이 평균 34.6도와 37.1도, 최저기록이 평균 36.1도와 37.8도를 보이면서 공격각의 차이가 1~2도의 작은 공격각을 보이면서 선행연구와 유사한 결과를 보였다.

그러나 피험자 S2의 경우 최저기록에서 큰 릴리즈각을 보였는데, 이는 앞서 제시된 수직속도에서 볼 수 있듯이, 다른 피험자들보다 큰 속도를 보임에 따라 릴리즈각이 크게 나타났고, 피험자 S5의 경우 최고기록과 최저기록이 40.6도와 41.2도로 다른 피험자들보다 큰 릴리즈각을 보였는데, 피험자 S5도 수직속도가 다른 피험자들보다 큰 속도를 보임에 따라 기록향상을 위해 수직속도보다 수평속도를 크게 해야 하는 것으로 나타났다.

투사요인과 관련된 세 번째 요인의 투사높이를 보면, 최고기록에 있어서는 평균 1.66 ± 0.06 m로 신장의 99.5 ± 4.13 %를 보인 반면에 최저기록에 있어서는 평균 1.63 ± 0.04 m로 신장의 97.9 ± 3.08 %를 보이면서 최고기록이 최저기록보다 다소 높은

위치에서 릴리즈가 이루어지는 것으로 나타났다. Bartlett 와 Best(1988), Miller 와 Munro(1983)에 의하면, 릴리즈 순간 창의 높이는 자신의 신장보다 15-30 cm 정도 높은 위치에서 릴리즈가 이루어지는 것으로 보고하였지만, 이 연구에서 피험자 S1, S3, S6, S7은 신장보다 높은 위치에서 릴리즈가 이루어졌지만, 선행연구와 달리 최고기록은 신장과 유사한 높이에서 릴리즈 동작이 이루어지는 특성을 보였지만, 최저기록은 신장보다 낮은 위치에서 릴리즈가 이루어지는 특성을 보였다.

이와 관련해 기록과 투사높이와의 상관관계를 분석한 Terauds(1978)에 의하면, 릴리즈 높이는 자신의 신장과 같은 높이에서 릴리즈가 이루어져야 기록이 증가하는 것으로 보고하였고, 이영선(2009)의 연구에서도 투사높이가 우수 집단은 신장비의 104.0 %, 준우수 집단은 105 %를 보이면서 신장보다 다소 높은 자세에서 릴리즈 동작이 이루어졌으며, 기록과 투사높이와의 상관관계에서도 상관관계가 낮은 결과를 보임에 따라 Terauds 와 Rich(1978)가 제시한 것처럼 기록향상을 위해서는 신장과 유사한 높이에서 이루어지는 것이 효율적인 동작으로 보여 진다.

투사속도, 투사각도, 그리고 투사높이는 기록과 직접 관련된 요인으로 작용하지만, Zhang(2001), Li(2000), Wang (1997), Gregor 와 Pink(1985), Komi 와 Mero(1985), 박재명 (2008), 김태삼과 이영선(2005), 이종훈(2000), 김순윤(1993)에 의하면 지지발 착지 시 무릎은 릴리즈 동작에 영향을 주는 중요한 요인으로 보고하였는데, 지지발 착지 시 무릎은 신전된 자세를 유지해야 지지발의 breaking force을 이용하여 하지의 운동량을 창으로 전이시키고, 몸통의 빠른 회전을 통해 운동량이 크게 작용하는 것으로 보고하고 있다.

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 보고하였지만, 여자 선수들을 대상으로 우수 집단과 준우수 집단을 분석한 이영선(2009)에 의하면, 기록과 무릎각의 상관관계 분석에서 지지발 착지 시 무릎이 굴곡된 자세일수록 기록이 좋은 것으로 나타나면서 앞서 제시된 선행연구와 상반된 결과를 보였다. 이 연구에 나타난 결과에 의하면, 착지순간에 있어서 최고기록은 평균 164.8 ± 4.77 도를 보였고, 최저기록에서는 평균 166.6 ± 7.09 도로 최고기록이 평균 1.8 ± 3.87 도 굴곡된 자세로 착지하는 것으로 나타나면서 이영선(2009)이 보고한 것처럼 좋은 기록일수록 착지 시 무릎이 굴곡된 특성을 보임에 따라 선행연구와는 상반된 결과를 보였다.

그러나 완전 착지와 릴리즈 순간에 있어서 완전 착지 시 최고 기록은 평균 143.3 ± 8.52 도, 최저기록은 평균 136.3 ± 10.97 도를 보이면서 최저기록보다 최고기록이 평균 7.0 ± 11.38 도 신전된 자세를 보였고, 릴리즈 순간에 있어서도 최고기록은 평균 158.8 ± 8.70 도,

최저기록은 평균 155.1 ± 13.18 도를 보이면서 최저기록보다 최고 기록이 평균 3.6 ± 12.57 도 신전된 자세를 보여, 완전착지와 릴리즈 순간기록이 좋을수록 신전된 자세를 보임에 따라 수평 제어력을 이용하여 하지의 운동량 전이와 몸통의 빠른 회전운동이 발생하는 것으로 나타났다. 그러나 개인별 특성에 있어서 피험자 S1의 경우 지지발 착지순간, 완전 착지, 그리고 릴리즈순간에 있어서 다른 피험자들 보다 무릎이 신전된 자세를 유지하는 것으로 나타났지만, 최고기록보다 최저기록에서 다소 신전된 자세를 보였다.

특히 완전착지에서 피험자 S2, S4, S6, S7의 경우는 최저기록에서 무릎이 크게 굴곡된 자세를 보였고, 릴리즈순간에 있어서 피험자 S6과 S7은 최저기록에서 무릎이 크게 굴곡된 자세를 보이면서 중심이 크게 낮아진 자세에서 릴리즈 동작이 이루어진 특성을 보였는데, 앞서 제시하였듯이, 운동량 전이와 몸통의 빠른 회전운동을 위해 피험자 S2, S3, S4, S5, S6은 착지순간의 신전된 무릎을 완전착지와 릴리즈순간까지 유지할 수 있는 강한 근력이 필요한 것으로 나타났다.

릴리즈 동작에 영향을 주는 두 번째 요인은 상체전-후경각을 분석하였는데, 허성민(2001)은 지지발 착지 순간의 후경자세는 창에 대한 힘을 가할 수 있는 시간을 길게 함으로서 운동량을 증가시키지만, 지나친 후경자세는 도움닫기 속도를 감소시키는 것으로 보고 하였고, 이종훈(2002)에 의하면, 릴리즈 시 힘의 전달은 몸통, 상완, 전완, 손목, 그리고 창으로 전달되기 때문에, 릴리즈 시 효율적인 동작은 창의 진행방향에 맞추어 전경자세를 취해야 하는 것으로 보고하고 있다.

뿐만 아니라 이영선(2003)의 연구에서도 릴리즈 시 기록이 좋을수록 전경자세가 큰 것으로 보고 하였는데, 이 연구에서 릴리즈 순간 최고기록에서는 평균 16.2 ± 4.30 도의 전경각을 보인 반면에 최저기록에서는 평균 14.4 ± 1.96 도를 보이면서 최고기록이 최저기록보다 평균 1.8 ± 3.59 도 큰 전경자세에서 릴리즈 동작이 이루어지는 특성을 보였다. 그러나 여자 선수들을 대상으로 측정기록이 평균 50.8 m인 홍순도 등(2004)의 연구에서는 10.1도, 이영선(2003)의 연구에서는 숙련자가 13.2도, 비숙련자가 7.0도, 허성민(2001)은 10.7도의 전경자세를 보인 것과 비교할 때, 이 연구에서 최고기록이 평균 49.82 ± 4.39 m, 최저기록은 평균 46.68 ± 5.20 m를 보인 것과 비교할 때, 선행연구보다 상대적으로 전경각이 큰 자세를 보이면서 릴리즈 동작이 이루어지는 것으로 나타났다.

이상의 내용을 피험자별로 종합해보면, 피험자 S1의 경우, 최고기록보다 최저기록에서 수평속도와 수직속도, 릴리즈각과 상체전경각이 작게 나타났으며, 투사높이가 상대적으로 낮은 결과를 보이면서 최저기록에서는 전반적인 특성을 보였고, 피험자 S2의 경우는 최저기록에서 수평속도가 작고, 수직속도가 증가함에 따라 릴리즈각이 크게 증가한 결과를 보였는데, 이는

릴리즈 순간 무릎각이 최고기록보다 크게 신전된 자세를 보였기 때문으로 사료된다.

피험자 S3의 경우는 수평속도와 수직속도가 작고, 투사높이가 상대적으로 낮고, 무릎이 최고기록보다 굴곡된 자세된 자세를 보였고, 피험자 S4는 기록에서 큰 차이를 보이지 않았지만, 수평속도가 작고 수직속도가 증가하였고, 최고기록보다 무릎이 굴곡된 자세를 보이면서 상체전경 자세각이 작은 결과를 보였다. 피험자 S5의 경우는 수평속도가 작고, 투사높이가 상대적으로 낮고, 무릎각이 최고기록보다 신전된 자세를 보였고, 피험자 S6의 경우 투사속도에서 큰 차이를 보이지 않았지만 수직속도가 작고, 투사높이가 상대적으로 낮고, 무릎이 최고기록보다 크게 굴곡된 자세를 보이면서 상체전경 자세각이 작은 결과를 보였다. 마지막으로 피험자 S7의 경우 투사속도에서 큰 차이를 보이지 않았지만 수직속도가 작고, 무릎이 최고기록보다 크게 굴곡된 자세를 보임에 따라 최고기록보다 기록이 낮은 특성을 보였다. 이처럼 최고기록보다 최저기록에서는 수평속도, 투사높이, 무릎각, 그리고 상체전경각이 기록에 큰 영향을 주는 것으로 나타났다.

V. 결론

본 연구는 2009년 대구육상선수권대회에 참가한 국내 여자 선수들을 대상으로 최고기록과 최저기록의 운동학적 요인의 차이를 분석하는데 있다. 이를 위해 결선 1위부터 7위까지 7명의 선수들을 대상으로 선정하였으며, 전체 6번의 시기중에서 개인별 최고기록과 최저기록을 선정하여 분석하였다. 영상분석을 위해 비디오카메라를 이용하여 촬영하였으며, Kwon3D 3.1 프로그램을 이용하여 운동학적 요인을 분석하였다. 분석된 요인은 기록에 직접적인 영향을 주는 릴리즈 순간의 투사속도, 투사각도, 투사높이이며, 릴리즈 동작에 영향을 주는 요인으로 지지다리의 무릎각과 상체전·후경각을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 최고기록과 최저기록의 기록차이에 따라 수평속도와 합성속도에서 통계적으로 유의한 차이($p < .05$)를 보였다. 그러나 투사각도와 투사 높이, 상체전·후경각 그리고 지지다리의 무릎각에 있어서는 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났지만, 개인별 특성을 살펴보면, 수평속도, 투사높이, 무릎각, 그리고 상체전경각이 기록에 큰 영향을 주는 것으로 나타났다.

참고문헌

김순운(1993). **창던지기 상지의 운동학적 분석에 관한 연구**. 미간행 석사학위논문. 명지대학교 대학원.

- 문영진, 박재범, 송주호(2004). 국가대표 투창선수의 투창기술 동작 분석 -국가대표 박재명 선수를 중심으로-. **한국체육학회지**, 43(3), 813-823.
- 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.
- 서국은(1993). **창의 선단부 형상이 비행각도와 공기의 주류속도변화에 따른 유체 역학적 분석**. 미간행 박사학위논문. 부산대학교 대학원.
- 오봉석, 조영제(2003). 육상 창던지기 경기 중 최고기록 발현시기에 대한 연구. **한국스포츠리서치**, 14(5), 1827-1838.
- 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.
- 이영선(2009). **여자 창던지기 숙련도에 따른 지지발 착지와 릴리즈 단계의 역학적 요인이 기록에 미치는 영향**. 미간행 박사학위논문. 한국체육대학교 대학원.
- 이종훈(2001). 여자 창던지기 동작의 Kinematic적 요인분석. **한국학교체육학회지**, 11(1), 41-50.
- 이종훈(2002). 창던지기 동작의 Kinematic적 특성분석. **한국운동역학회지**, 12(2), 345-359.
- 이종훈, 김재필, 이연중(2000). 창던지기의 운동학적 분석. **한국체육학회지**, 39(4), 727-735.
- 허성민(2001). **창던지기 릴리즈 국면의 운동학적 분석**. 미간행 석사학위논문. 공주대학교 교육대학원.
- 홍순모, 이영선, 김태삼(2004). 여자 창던지기 도움닫기 최종 1보 착지 릴리즈 국면의 운동학적 분석. **한국운동역학회지**, 14(1), 51-63.
- Bartlett, R. M., & Best, R. J.(1988). The biomechanics of javelin throwing: a review. *Journal of Sports Science*, 6, 1-38.
- 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.
- Bosen, K. A.(1985). Javelin throw coaching. *Track & Field Quarterly Review*, 85(1), 29-30.
- 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.
- 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.
- Gregor, R. J., & Pink, M.(1985). Biomechanical analysis of a world record javelin throw: a case study. *International Journal of Sport Biomechanic*, 1, 73-77.
- 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.
- Botcher, J., & Kuhl, L.(1998). The technique of the best female javelin throwers in 1997. *New Studies in Athletics*, 13(1), 47-61.
- Komi, P. V., & Mero, A.(1985). Biomechanical analysis of Olympic javelin throwers. *International Journal of Sport Biomechanic*, 1, 139-150.
- 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.(1994). Body Segment Contributions to Javelin Throwing During Final Thrust Phases. *Journal of Applied Biomechanics*, 10, 166-177.
- 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.
- Plagenhoef, S., Evans, G. F., & Abdelnour, T.(1983). Anatomical Data for Analyzing Human Motion. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 54(2), 169-178.
- 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.
- 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.
- Terauds, J.(1978). Javelin release characteristics of USA and USSR thrower-1974. *Track & Field Quarterly Review*, 78, 42.
- 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.
- 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.
- Whiting, 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.