Korean Journal of Sport Biomechanics
Vol. 21, No. 5, December 2011, 639-644

ISSN 1226-2226(Print), ISSN 2093-9752(Online)
http://dx.doi.org/10.5103/KJSB.2011.21.5.639
http://www.kssb.or.kr

2011 대구세계육상선수권대회 여자 포환던지기 결선경기의 운동학적 분석

이경일[1] · 홍완기[2] · 윤충걸[2] · 윤희나[2] · 최문영[2] · 김자은[2]
[1]조선대학교 체육대학 체육학부 · [2]조선대학교 대학원 체육학과

Kinematic Analysis of Women's Shot-Put Final Round at IAAF World Championships, Daegu 2011

Kyung-Il Lee[1] · Wan-Ki Hong[2] · Chung-Gul Yun[2] · Hee-Na Yun[2] · Monn-Young Choi[2] · Ja-Eun Kim[2]
[1]Department of Physical Education, College of Physical education, Chosun University, Gwangju, Korea
[2]Department of Physical Education, Graduate School of Chosun University, Gwangju, Korea
Received 31 September 2011; Received in revised form 30 October 2011; Accepted 23 December 2011

ABSTRACT

The purpose of this study was to provide quantified data on the throwing skills of world-class athletes and to analyze the kinematic variables for women shot-putters at the IAAF World Championships Daegu 2011. Three-dimensional motion analyses of the eight players who qualified for the final round were carried out to obtain the data. The Kwon3D XP program was used for image analysis of the kinematic data, which included the configurations of each joint. The following conclusions were arrived at . The throwing distance increased with an increase in the release speed, and a significant correlation (p <. 01) was observed between the throwing distance and release speed. It was also shown that players using the spin technique increased their release speed with a fast shoulder-rotation-angle speed. The release height varied with their height and showed a significant difference with the record. This showed that the release angle did not greatly influence the record for the game, but varied with their technical and physical characteristics. Therefore, an increase in release speed is required to improve the record.

Keywords : Shot put, Throwing Skill, Release speed, Shoulder-rotating-angle

Ⅰ. 서 론

여자 포환던지기의 세계기록은 22.63 m로 1987년 모스크바 대회에서 Natalya(FRA)에 의해 작성되었으며, 24년이 지난 오늘까지도 그 기록은 경신되지 않고 있다. 1990년대 이후 기록 향상을 위한 스포츠 과학화가 이루어지고 있으며, 국제육상연맹(IAAF)에서는 세계육상선수권대회의 경기분석을 통해 다양한 정보를 제공하고 있다. 이러한 실제 경기상황에서의 정량적 분석 연구는 경기력에 대한 정보를 제공한다는 점에서 큰 의미가 있다.

Corresponding Author : Wan-Ki Hong
Department of Physical Education, College of Physical education, Chosun University, Seoseok-dong, Dong-gu, Gwangju, Korea
Tel : +82-62-230-7429
E-mail : bmw2053@naver.com
본 논문은 2011 대구세계육상선수권대회 운동역학 프로젝트로서 문화체육관광부와 대한육상경기연맹으로부터 지원을 받아 수행한 것임.

포환던지기에 사용되는 기술은 크게 글라이드(glide)기술과 턴(turn) 기술로 구분된다. 글라이드 기술은 써클 안에서 투척방향의 반대쪽으로선 채 스텝을 사용하여 던지는 기술이며, 신체의 수평속도를 순간적으로 가속시켜 근위단 신체분절에서 발생한 운동량을 최대한 포환에 전달시키는 동작을 의미한다(Moon & Kim, 2010). 턴 기술은 한 바퀴 반을 돌아 투사하는 기술이며(Ryu, Park & Kim, 2011), 회전량을 통해 짧은 가속거리를 보충하는 기술이다. 이와 관련해 Byun et al.(2008)은 신장에 따른 기술 선택이 중요하고 신장이 큰 선수일수록 턴 기술보다 글라이드 기술이 유리하다고 보고하였다. 하지만 2009년 베를린대회와 2011년 대구대회를 통해 나타난 우수선수들의 기

술 유형은 남녀에서 확연한 차이를 나타냈다. 남자 선수들의 경우 2009년 베를린 대회에서 8명의 결선 진출자 중 2위 Majewski(POL), 3위 Bartels(GER), 7위 Mikhnevich(SLO)는 글라이드 기술을 사용하였고, 1위 Cantwell(USA) 등 나머지 다섯 명의 선수는 턴 기술을 사용하였으며, 이번 2011년 대구대회에서는 1위 David(GER)와 3위 Mikhneviki(BLR)만이 글라이드 기술을 구사하였다. 그러나 여자 선수들의 경우 2009년 베를린대회 결선 진출자 7명과 2011년 대구대회 결선진출자 8명 중 7명의 선수가 신장과 상관없이 글라이드 기술을 사용하였다. 이러한 기술 유형의 차이는 체격적인 면뿐만 아니라 체력적인 면도 중요하게 작용하고 있음을 시사하고 있다. 또한 Hubbard, Mestre, & Scott(2001)과 Ariel et al.(2004)은 체격적인 측면을 배재한 채 포환을 멀리 던지기 위해서는 딜리버리(delivery) 국면에서 투사각(release angle), 투사속도(release velocity), 투사높이(release height)가 중요하다고 보고하였다.

따라서 본 연구는 세계 최고 수준의 선수가 참여하는 2011년 대구세계육상선수권대회 여자 투포환 결선진출자의 3차원 동작분석을 통해 신장과 기술에 따른 투사각, 투사속도, 투사높이를 분석하고 이를 토대로 우수 선수들의 투사 기술에 대한 정량화된 자료를 제공하고, 나아가 국내 선수들의 기술훈련을 위한 방향을 제시하는데 목적이 있다.

Ⅱ. 연구방법

1. 피험자

본 연구를 위해 2011년 대구세계육상선수권대회 여자 포환던지기 결선진출자 8명을 피험자로 선정하였으며, 기술 및 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Characteristics of the subjects

Rank	Athleta	Age(yr.)	Height(cm)	Weight(kg)	Style
1	Valerie, A.(NZL)	27	196	120	glide
2	Nadzeya, O. (BLR)	31	181	95	glide
3	Jillian, C.W(USA)	29	180	91	rotational
4	Gong, L.(CHN)	22	175	110	glide
5	Yevgeniya, K.(RUS)	21	176	78	glide
6	LI, L.(CHN)	26	183	65	glide
7	Anna, A.(RUS)	26	174	75	glide
8	Nadine, K.(GER)	36	180	90	glide

2. 실험장비

연구목적을 수행하기 위해 <Table 2>와 같이 촬영장비와 영상분석 장비를 사용하였다.

Table 2. Experimental equipments

Equipment	Product	Manufacturer
Photograph instrument	JVC-DV2000 Control Object(2 m×3 m× 3 m)	JVC Ins. Visol Ins.
Analysis instrument	Kwon3D XP	Visol Ins.

3. 실험절차

영상촬영을 위해 3대의 카메라를 <Figure 1>과 같이 배치하였고, 공간좌표 설정을 위한 통제점틀은 폭 2 m, 길이 3 m, 높이 3 m로 설정하여 선수의 포환던지기 동작을 모두 포함할 수 있게 <Figure 2>와 같이 설치하였다. 경기 영상은 30 frame/s로 촬영하였으며, 노출시간은 1/500 sec로 설정하였다. 영상 동조는 심판의 깃발 신호에 의해 3대의 카메라를 동조시켰다.

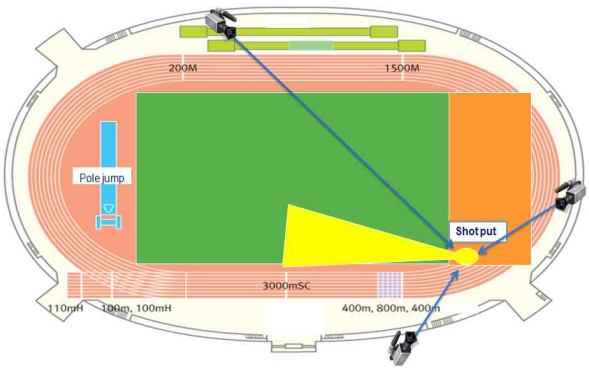

Figure 1. Positioning of cameras.

Figure 2. Setting of control object

4. 자료 처리 및 분석 변인

영상분석은 통제점 좌표화와 동조, DLT방법에 의한 3차원 좌표 계산과 자료의 스무딩을 Kwon3D XP(Visol, Korea) 동작

프로그램을 이용해 분석하였다. 인체의 3차원 데이터를 수집하기 위해 8개의 관절점과 1개의 가상 관절점(포환)으로 연결된 6개의 분절의 강체구조(linked rigid system)로 정의하였으며, 분석 변인은 <Figure 3>과<Figure 4>와 같이 Power position(touch down brace leg)에서 delivery position(release shot)까지의 평균 어깨회전 각속도와 허리회전 각속도, 릴리즈 순간의 투사속도, 투사높이, 투사각도로 선정하였다.

Figure 3. Power position(touch down brace leg) and delivery position(release shot)

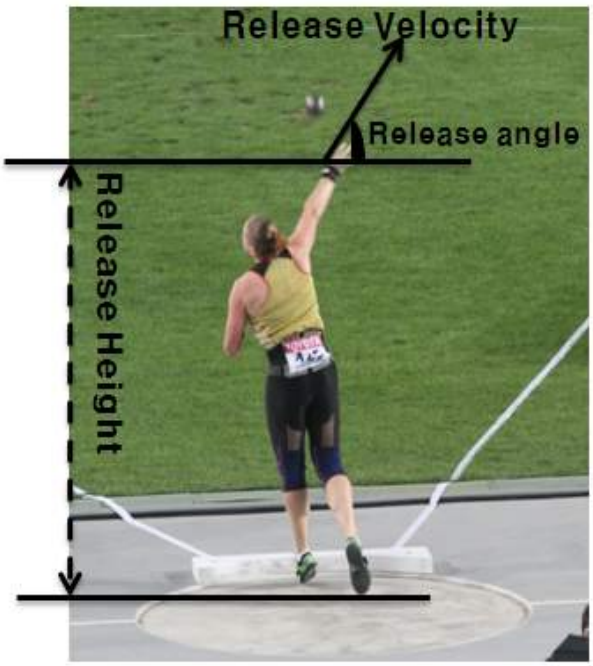

Figure 4. Definition of factors

5. 통계처리

본 연구는 SPSS 18.0을 사용하여 평균과 표준편차를 산출 하였고, 기록과 운동학적 변인의 상관분석을 위해 비모수 상관분석을 실시하였다. 유의수준 α=.05 수준에서 검증하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 운동학적 변인

<Table 3>은 2011년 대구세계육상선수권대회 여자 투포환 결선 진출자들의 운동학적 변인을 분석한 것이다.

분석 결과, 투사속도의 평균은 13.13±0.30 m/s, 투사각 35.60±1.94°, 투사높이 2.01±0.10 m로 나타났으며, Power position에서 delivery position까지의 어깨회전 평균 각속도와 허리회전 각속도는 각각 876±65.53 °/s, 523±115.57 °/s로 나타났다. 투사속도의 개인 기록을 살펴보면 21.24 m를 기록한 Valerie(NZL)의 투사속도가 13.75 m/s을 나타냈고, 20.00 m 이상을 기록한 Nadzeya(BLR)와 Jillian(USA)도 13 m/s 이상의 투사속도를 나타냈다. 나머지 선수들도 13.0 m/s 이상 또는 그에 근접한 투사속도에서 19 m 이상의 기록을 나타냈다. 투사각도에서는 글라이드 기술을 사용하며 21.24 m 기록한 Valerie(NZL)는 33.49°의 투사각을 나타냈고, 턴 기술을 사용하며 20.02 m를 기록한 Jillian(USA)은 33.95°의 투사각을 나타냈다. 그러나 글라이드 기술을 사용하며 20.05 m를 기록한 Nadzeya(BLR)는 39.18°의 높은 투사각을 나타냈다.

투사높이는 결선 진출자 중 신장이 가장 큰 1위 Valerie(NZL)이 2.21 m, 2위 Nadzeya(BLR)이 2.09 m, 턴 기술을 사용하는 3위 Jillian(USA)이 1.95 m의 투사 높이를 나타냈으며, 4위 Gong(CHN)은 1.75 m의 신장에 1.90 m 투사높이를

Table 3. Selected kinematic data of women's shot put of final round

Rank	Athlete	Analysed attempt	Result(m)	Release velocity(m/s)	Release angle(°)	Release height(m)	Angular velocity shoulder(°/s)	Angular velocity pelvis(°/s)
1	Valerie, A.(NZL)	6	21.24	13.75	33.49	2.21	888	621
2	Nadzeya, O.(BLR)	5	20.05	13.14	39.18	2.09	863	442
3	Jillian, C.W.(USA)	4	20.02	13.26	33.95	1.95	988	587
4	Gong, L.(CHN)	5	19.97	13.06	35.17	1.90	883	445
5	Yevgeniya, K.(RUS)	3	19.78	13.04	37.77	2.07	792	569
6	LI, L.(CHN)	2	19.71	12.91	35.68	2.03	812	505
7	Anna, A.(RUS)	5	19.54	13.20	35.13	1.94	838	261
8	Nadine, K.(GER)	1	19.26	12.70	34.45	1.93	789	555
mean			19.94	13.13	35.60	2.01	876	523

*Average between power position(touch down brace leg) and delivery position(release shot)

보였고, 6위를 기록한 Li(CHN)는 1.83 m의 신장에 2.03 m의 투사높이가 나타났다.

Power position에서 delivery position까지의 어깨회전각속도는 턴 기술을 사용하는 Jillian(USA)이 988 °/s 으로 가장 빠른 값을 나타냈으며, 8위를 차지한 Nadine(GER)이 789 °/s으로 가장 느린 값을 나타냈다. 허리회전각속도에서는 1위 Valerie(NZL)이 621 °/s로 가장 빠른 회전속도를 나타냈으며, 7위 Anna(RUS)가 261 °/s으로 가장 느린 값을 나타냈다. 하지만 허리회전 각속도에서 상위권에 입상한 선수들과 그렇지 않은 선수들의 두드러진 차이는 나타나지 않았다.

2. 경기 기록과 운동학적 변인 간의 상관분석

<Table 4>는 2011년 대구세계육상선수권대회 여자 투포환 결선 기록과 운동학적변인 간의 상관관계를 분석한 것이다.

Table 4. Correlation between putting distance and kinematic data

		velocity	angle	height	AV shoulder	AV hip
Result	r	.913**	-.237	.762*	.471	.426
	p	.002	.572	.028	.239	.292

p<.05*, p<.01**
AV : angular velocity

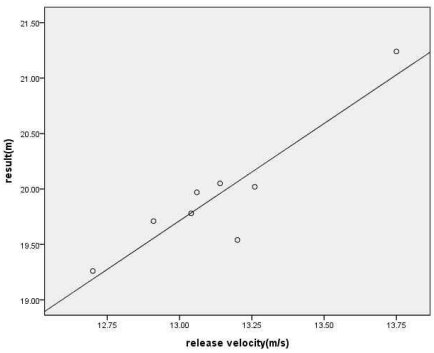

Figure 5. correlation between putting distance and velocity of release

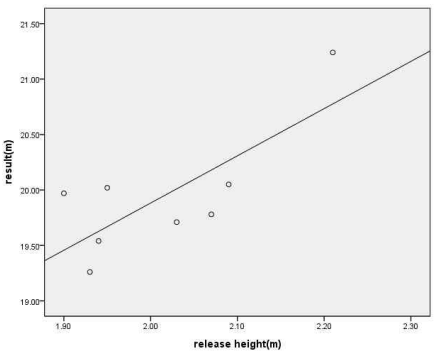

Figure 6. correlation between putting distance and height of release

분석 결과, 경기기록과 투사속도 간에 유의한 상관관계(r=.913, p<.01)가 나타났으며<Figure 5>, 투사높이(r=.762, p<.05)와도 유의한 상관관계가 나타났다<Figure 6>. 하지만 투사각도, 어깨회전각속도, 허리회전각속도와 경기기록과는 유의한 상관관계가 나타나지 않았다(p>.05).

Ⅳ. 논 의

투포환 기록에 직접적인 영향을 미치는 요인은 딜리버리 국면에서 이루어지는 투사속도, 투사각도, 투사높이(Hubbard et al., 2001; Ariel et al., 2004)이다.

기록에 직접적인 영향을 주는 속도와 관련된 특성을 보면, 투사속도의 평균은 13.13±0.30 m/s로 지난 2009년 베를린대회에서의 평균 13.27±.21 m/s보다 낮은 속도를 나타냈다. Ariel et al.(2004)과 Luthanen(1998)은 국제경기에서 남녀 모두 21 m의 기록을 얻기 위해서는 13.5 m/s 이상의 투사속도가, 19 m의 기록을 위해서는 13.0 m/s 이상의 속도가 필요하다고 보고하였다. 이번 대회의 개인별 기록을 살펴보면 21.24 m를 기록한 Valerie(NZL)의 투사속도가 13.75 m/s의 속도를 보였고, 20 m 이상을 기록한 Nadzeya(BLR)와 Jillian(USA)도 13 m/s 이상의 투사속도를 나타냈다. 나머지 선수들도 13.0 m/s 이상 또는 그에 근접한 투사속도에서 19 m 이상의 기록을 나타냈다. 2009년 베를린대회 은메달 리스트 Nadine(GER)은 13.5 m/s의 투사속도에서 20.20 m를 기록했지만 이번 대회에서는 12.70 m/s의 투사속도에서 19.26 m를 기록해 투사속도에서 그 원인을 찾을 수 있었다. 또한 2009년 베를린대회 여자 결승 기록과 투사속도에서 높은 상관관계(r=0.9, p<.01)가 나타났고, 이번 대회 또한 기록과 투사속도에서 높은 상관관계(r=0.913, p>.01)가 나타났다<Figure 5>. 따라서 2009년 베를린대회와 2011년 대구대회를 통해서 볼 때, 투사속도가 빠를수록 비거리 증가에 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

투포환에서 최적의 투사각은 37° 내외로 보고되고 있다(Ariel et al., 2004; Bartonietz & Felder, 1993). 본 대회와 2009년 베를린대회와의 기록을 비교해 보면 35.60°의 투사각에서 19.94 m의 기록을 나타냈고, 베를린 대회에서는 36.9°의 투사각에서 19.54 m의 기록을 나타냈다. 개인별 기록을 보면 글라이드 기술을 사용하며 21.24 m를 기록한 Valerie(NZL)는 33.49°의 투사각을 나타냈고, 턴 기술을 사용하며 20.02 m를 기록한 Jillian(USA)은 33.95°의 투사각을 나타냈다. 그러나 글라이드 기술을 사용하며 20.05 m를 기록한 Nadzeya(BLR)는 39.18°의 높은 투사각을 나타냈다. 또한 이번 대회 결선 기록과 투사각도 간의 유의한 상관관계는 나타나지 않았다. 이는 최적의 투

사각이 투사거리에 큰 영향을 미치지 않는 것을 보여주며, 기술, 신체적 특성에 따라 차이가 있는 것으로 사료된다.

기록의 직접적인 영향을 주는 요인 중 투사높이는 신장과 상지장의 길이에 따라 차이를 나타낸다(Ryu et al., 2011). 본 대회에서 신장이 가장 큰 1위 Valerie(NZL)가 2.21 m, 신장이 상대적으로 작으며 글라이드 기술을 사용하는 Nadzeya(BLR)는 2.09 m, Nadzeya(BLR)와 같은 신장이며 턴기술을 사용하는 Jillian(USA)은 1.95 m의 투사 높이를 나타냈다. 또한 4위 Gong(CHN)은 1.75 m의 신장에 1.90 m 투사높이를 보였고, 6위를 기록한 Li(CHN)는 1.83 m의 신장에 2.03 m의 투사높이를 나타내 신장에 따른 투사높이의 차이를 나타냈다. 하지만 결선 진출자 중 유일하게 턴 기술을 사용하며 낮은 투사높이와 작은 투사각을 보여준 Jillian(USA)의 기록은 주목할 필요가 있다. 특히 Jillian(USA)의 어깨회전각속도는 다른 선수들에 비해 상대적으로 큰 수치를 나타내고 있고, 투사속도에서도 높은 값을 나타내고 있다. 이러한 결과는 지난 베를린대회 남자선수들의 기술유형에 따른 신장 차이와 비교해 볼 수 있다. 지난 베를린대회 남자 입상자 중 턴 기술을 사용하며 신장이 작은 Ress Hoffa(1.80 m, USA)와 Adam Nelson(1.83 m, USA)은 상위 8명 중 가장 낮은 투사높이를 보였고, 투사각도 또한 32.9°와 34.4°로 낮은 것으로 나타났다. 그러나 이들의 투사 속도는 14.0 m/s과 14.1 m/s으로 높은 것으로 나타났고, Nelson(USA)의 어깨각속도는 8명의 결선 진출자 중 가장 빠른 것으로 나타났다. 이번 대회에서 5위를 기록한 Hoffa(1.80 m, USA)는 31.16°의 투사각과 2.02 m의 투사높이로 상대적으로 작은 투사각과 낮은 투사높이를 나타냈다. 그러나 어깨회전각속도는 출선 선수 중 가장 빠르며(997 °/s), 투사속도 또한 13.51 m/s으로 높은 것으로 나타났다. 이는 턴 기술을 이용한 몸통의 높은 회전각속도가 운동량 전이에 따라 투사속도를 높인 것으로 보여 지며, 높은 어깨각속도를 투사높이와 투사각도 증가에 기여하지 않고 투사속도를 증가시키는데 이용하는 것이 신장이 작은 선수에게 최적의 투사거리를 위해 필요하다는 것을 보여준다. 또한 신장이 작은 선수는 턴 기술이 적절하다(Byun et al., 2008)는 이론을 뒷받침하는 결과로 사료된다. 2009년 베를린세계선수권대회 보고서에서 남자 포환던지기 결선 진출 선수들의 투사 요인 중 투사속도가 정체상태가 되어 투사높이와 투사각도 등의 다른 투사요인이 경기기록과 관련된다고 보고하였다. 하지만 앞선 논의와 같이 여자 경기에서는 경기기록과 투사속도가 상관관계를 보였고, 이번 대회에서는 투사속도와 투사높이에서 유의한 상관관계가 나타났다. 투사높이는 신장에 따라 차이를 보이기 때문에 기록향상을 위한 중요한 변인으로 투사속도를 제안할 수 있다. 이러한 결과를 종합해 볼 때 기록향상을 위해서는 투사속도 증가를 위한 트레이닝이 요구되어지며, 신장에 따른 기술 선택이 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

이 연구는 2011년 대구세계육상 선수권대회 여자 투포환 선수들의 운동학적 변인을 분석하여 우수 선수들의 투사 기술에 대한 정량화된 자료를 제공하고자 하였다. 이를 위해 결선 진출자 8명을 대상으로 3차원 동작분석을 실시하였다. 영상분석을 위해 Kwon3D XP 프로그램을 이용하여 각 관절 점의 위치 좌표를 얻어 운동학적 자료를 계산하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

투사속도가 증가할수록 투척거리 또한 증가하였고, 유의한 상관관계를 보였으며, 턴 기술을 구사하는 선수들은 빠른 어깨 회전각속도를 이용해 투사속도를 높이는 것으로 나타났다.

투사높이는 신장에 따라 차이를 나타냈고, 기록과 유의한 상관관계를 나타냈다. 투사각도는 경기기록에 높은 영향을 미치지 않은 것으로 나타났으며, 기술, 신체적 특성에 따라 차이를 보였다. 따라서 기록 향상을 위해서는 투사속도의 증가가 요구되어진다.

참고문헌

Ariel, G., Penny, A., Probe, J., Buijs, R., Simonsen, E., Finch, A., & Judge, L.(2004). *Biomechanical analysis of the Shot-Put Event at the 2004 Athens Olympic Games.* Retrieved Feburuary 19, 2005 from http://www. arienet. com/start/apas/studies/shotfinal.pdf.

Bartonietz,K.,& Felder, H.(1993). *Shot Put Women Final: Express Report.*(Unpublished technical report from the 1993 IAAF World Championships). Rheinland-Pfalz, Germany: Olympiastutzpunkt.

Byun, K. O., Fujii, H., Murakami, M., Endo, K., Takesako, H., Gomi, K., & Tauchi, K.(2008). A biomechanical analysis of the men's shot put at the 2007 World Championships in Athletics. *New Studies in Athletics*, 2, 53-62.

Hubbard, M., de Mestre, N. J., & Scott, J.(2001). Dependence of release variables in the shot put. *Journal of Biomechanics*, 34, 449-456.

Luthanen, P.(1998). *A Preliminary study of Rotational Shot Put Technique.* XVIth Symposium of the International Society of Biomechanics in Sports, Kostanz, Germany, ISBS.

IAAF(2009). *Scientific Research Project Biomechanical Analysis at*

the Berlin 2009. Final Report Throwing Events, 5-6.

Moon, S. H., & Kim, J. H.(2010). Kinematic Analysis of O'Brien Style in Shot-Putting Motion. *Health & Sports Medicine*, 13(1), 21-30.

Ryu, J. S., Park, J. M., & Kim, T. S.(2011). The Kinmetic Difference According to Success and Failure of Shot Putting. *Korean Journal of Sports Biomechanics*, 21(2), 161-171.