

남자 고등부 포환던지기 선수들의 연도 별 기록에 따른 글라이드와 딜리버리 국면의 운동학적 차이

박재명¹ · 장재관² · 김태삼¹

¹한국체육대학교 · ²경희대학교

The Analysis of Kinematic Difference in Glide and Delivery Phase for the High School Male Shot Putter's Records classified by Year

Jae-Myoung Park¹ · Jae-Kwan Chang² · Tae-Sam Kim¹

¹Korea National Sport University, Seoul, Korea

²Department of Golf Management, Kyunghee University, Yongin, Korea

Received 1 November 2013; Received in revised form 18 November 2013; Accepted 19 December 2013

ABSTRACT

The purpose of this study was to provide high school male shot putters training methods of gliding and delivery motion through comparative analysis of kinematic characteristics. To accomplish this purpose, three dimensional motion analysis was performed for the subjects(PKC, KKH, YDL) who participated in high school male shot putter competition on 92nd (2011), 93rd (2013) National Sports Festival. The subjects were filmed by four Sony HXR-MC2000 video cameras with 60 fields/s. The three-dimensional kinematic data of the glide, conversion and delivery phase were obtained by Kwon3d 3.1 version. The data of the shoulder rotational angles and projection angles were calculated with Matlab R2009a. The following conclusions had been made. With the analysis of the gliding and stance length ratio, the gliding length was shorter at the TG than the SG with short-long technique but the gliding and stance length ratio was 46.8:53.2% respectively. The deviation of the shots trajectory from APSS(Athlete-plus-shot-system) revealed that the PKC showed similar to "n-a-b-c-I" of skilled S-shape type, KKH and YDL showed "n-a-d-f-I" of unskilled type. Furthermore, they showed smaller radial distance from the central axis of the APSS and the shots were away from the linear trajectory. From this characteristics, The PKC who performed more TG than SG had shorter glide with S-shape of APSS(skilled type) showed the better record than others with technical skill. But KKH and YDL had bigger glide ratio with "n-a-d-f-I" of unskilled type and improved their records with technical factor. The projection factor had an effect on the record directly. Because PKC maintained more lower glide and transition posture with momentum transfer through COG's rapid horizontal velocity respectively the subject possessed the characteristics of high horizontal and vertical velocity with large turning radius from shot putter to APSS.

Keywords : Shot Put, Glide, Delivery, APSS, Trajectory

I. 서 론

포환의 경기력은 체격과 체력, 그리고 기술적 요인에 의

해 결정되어지는데, 체격적 특성에 의하면 강한 힘을 발휘하기 위해서는 체중이 무거워야 하고, 신장과 관련하여 상지장과 하지장의 길이가 길 때 릴리즈(release) 높이가 증가하여 기록에 유리한 것으로 보고되고 있다(Alexander, Lindner & Whalen, 1996; Hay, 1993; Pyka & Otrando, 1991).

Ryu, Park과 Kim (2011)의 연구에서 나타난 세계주니어 선수들의 체격적 특성을 보면 22.35 m로 세계랭크 1위인

Corresponding Author: Jae-Kwan Chang
Department of Golf Management, Kyunghee University, 1732
Deogyong-daero, Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, Korea
Tel : +82-31-201-3766
E-mail: jchanggolf@khu.ac.kr

데이비드 스톨(Daivd Storl, Germany)은 신장과 체중이 각각 1.99 m와 111 kg, 22.31 m로 2위인 제이코 길(Jacko Gill, Newzealand)은 1.90 m와 107 kg으로, 국내 선수인 박기창(Park Ki Chang, 1.83 m, 90 kg), 김경현(Kim Kyoung Hyun, 1.79 m, 93 kg), 윤대림(Yoon Dae Lim, 1.84 m, 98 kg) 선수들의 신장과 체중보다 큰 체격을 보이고 있다. 그러나 2007오사카세계육상선수권대회 우승자인 리스 호파(Reese Hoffa, USA, 신장: 1.80 m, 체중: 141 kg)와 은메달 아담 넬슨(Adam Nelson, 신장: 1.83 m, 체중: 120 kg)은 체중에서 차이를 보이고 있지만, 신장에서는 국내 선수들과 유사한 특성을 보이고 있다.

던지기 기술은 일반적으로 오브라이엔(O'Brien) 또는 글라이드(Glide) 기술과 턴(Turn) 기술이 사용되고 있는데, 신장과 관련해 Byun, Fujii, Murakami, Endo, Takesako, Gomi 와 Tauchi (2008)의 연구에 의하면 신장이 짧은 선수는 턴 기술이 적절하고, 신장이 긴 선수들은 글라이드 기술이 유리한 것으로 제시하였으며, 신장이 긴 토마시 마예브시크(Tomasz Majewski)는 글라이드 기술을 사용한 반면에 신장이 작은 리스 호파(Reese Hoffa)와 아담 넬슨(Adam Nelson)은 턴 기술을 사용하고 있다. 신장이 다소 작은 국내 고등부 선수들의 던지기 기술에 있어서는 체격과 체력적 조건을 고려하면서 개인의 특성에 맞는 기술을 사용하는 것이 아니라 모두 글라이드 기술을 사용하고 있으며, 체격적 특성에 있어서는 턴 기술이 적합한 것으로 나타났지만, 턴 기술에 대한 전문적 지식에 대한 이해 부족으로 인해 글라이드 기술이 사용되고 있는 부분으로도 생각될 수 있다.

Zatsiorsky (2000)에 의하면 포환던지기는 다양한 요인이 작용하지만, 근력, 순발력, 유연성, 그리고 던지기 운동에 관여하는 신체분절의 협응(coordination) 동작이 중요하게 작용하는데, 불연속적인 동작은 허리의 탄력을 이용한 신체의 회전력으로 포환을 밀어내지 못하고 팔이나 어깨의 힘에 의존하는 것으로 보고되고 있다(Hay, 1993; Young & Li, 2005; Lee, 2007; Ryu et al., 2011; Kim & Ryu, 2012). 이 연구에서 사용되고 있는 글라이드 기술의 특성을 살펴보면 기술 동작에 따라 글라이드 국면(glide phase)과 릴리즈를 위한 딜리버리 국면(delivery phase)으로 구분되는데(Lee, 2002; Kim, 2003, Young & Li, 2005; Byun et al., 2008), 글라이드 국면에서는 신체의 운동량을 크게 하는 국면으로서 준비 자세에서 무릎을 폭발적으로 신전시켜 신체중심의 수평속도를 순간적으로 가속시켜야 하고, 동작의 연속성이 중요한 동작이다(Susanka & Stepanek, 1988; Luhtanen, Blomquist & Vanttinen, 1997; Zatsiorsky, 2000; Linthorne, 2001). 딜리버리는 전환(transition)과 릴리즈(release) 동작으로 이루어진 국면으로 글라이드에서 얻은 신체의 운동량을 양 발의 빠른 착지에

의해 유지된 관성과 힘을 전환시키면서, 순간적인 허리 토크에 의해 에너지를 전달시켜 포환을 밀어 던지는 동작이다(Lindsay, 1994; Tsirakos, Barlett, & Kollias, 1995; Luthanen, 1998; Young & Li, 2005; Lee, 2007, Ryu et al., 2011; Kim et al., 2012).

이처럼 글라이드 기술은 체격과 체력의 상호작용에 의해 두 가지 유형으로 구분되는데(Turk, 1997; Bartonietz & Borgstöm, 1995; Bartonietz & Felder, 1993), “short-long technique”는 오른발(RFTD)이 센터 라인(1.05 m) 전에 착지하는 짧은 글라이드 길이와 긴 스탠스 유형이며, “long-short technique”는 오른발이 센터 라인(1.05 m)을 넘어서 착지하는 긴 글라이드 길이와 짧은 스탠스로 구분하였고, Hay(1993)와 Alexander 등(1996)에 의하면 글라이드와 스탠스 길이의 비율 면에서 신장이 길고, 근력과 파워를 가지고 있는 선수들에게는 “short-long technique”가 유리하고, 신장이 짧고, 체력이 다소 약한 선수들은 “long-short technique”가 유리한 것으로 보고되고 있지만, 개인 조건과 특성에 맞는 최적의 기술을 찾는 것이 중요하다 할 수 있다(Dunn, 1989; Bartonietz & Felder, 1993; Bartonietz & Borgstöm, 1995; Alexander et al., 1996; Turk, 1997).

이와 관련해 Bartonietz (1994)에 의하면 글라이드와 전환 국면에서 22.5 m 이상의 선수들은 글라이드와 스탠스 길이의 비율이 44:56%로 글라이드가 짧고 스탠스가 긴 “short-long technique”를 보였고, 국내 랭크 1위인 황인성 선수를 분석한 Ryu 등 (2011)에 의하면 한국 기록을 경신한 동작에서는 38.6%와 61.4%로 “short-long technique”를 보였지만, 세계엘리트 선수들보다 글라이드 비율이 짧고 스탠스 비율이 긴 특성을 보였다. 뿐만 아니라 Lanka (2000)에 의하면 “long-short technique”는 스탠스 길이가 짧기 때문에 릴리즈 국면에서 하지로부터 힘을 크게 발휘할 수 있지만, 자세의 균형과 안정성이 떨어지는 반면에 오른쪽 다리의 강한 근력을 이용하는 “short-long technique”는 스탠스 길이가 길어 릴리즈 국면에서 포환 이동궤적이 벗어남에 따라 운동량 전이가 작아져 릴리즈 순간의 투사속도가 작아질 수 있기 때문에 자신에 맞는 기술을 찾는 것이 중요한 것으로 보고하고 있다.

특히 체력적인 면과 관련해 릴리즈 국면에서 몸통과 대퇴 근력의 약화로 인한 잘못된 몸통 회전은 포환의 이동궤적을 중심축(Athlete-plus-shot-system, [APSS])에서 벗어나게 하여 최적의 투사 조건을 얻지 못하는 것으로 보고(Young, 2009; Zatsiorsky, 2000; Lanka, 2000; Bartonietz & Borgstöm, 1995; Maltseva, 1990; Knudson, 1989) 하고 있다. 이처럼 글라이드와 딜리버리의 연결동작은 릴리즈 순간의 투사높이, 투사각, 그리고 투사속도에 영향을 주는 중요한 요인으로 많은 선행연구(Ryu et al., 2011; Kim & Ryu, 2012; Ariel et al., 2004; Hubbard, de Mestre, &

Scott, 2001; Luthanen, 1998; Alexander et al., 1996; Maheras, 1995; Tsirakos et al., 1995; Hay, 1993; McCoy, Koprowski & Orgen, 1989)에서 제시하고 있다. 뿐만 아니라 Lee (2007)가 제시한 포환던지기 기술동작은 정확한 움직임의 자세(posture)와 속도(velocity), 리듬(rhythm)과 타이밍(timing)이며, 가장 효율적인 동작을 위해서는 동작에 대한 근력의 조건이 충족되어야 하는 것으로 보고하면서, 국내 선수들을 위해 역학적 원리를 적용시킨 특이성 원리의 기술 훈련프로그램을 보급하여 선수들의 경기력 향상에 기여하고 있다.

그럼에도 불구하고 2010년 이후 중등부에서 일반 선수까지 남자와 여자부의 기록이 낮은 특성을 보여주고 있는데, 이는 중등부에서 일반부로 갈수록 점진적으로 낮은 선수층을 구성하고 있기 때문에 상대적으로 선수들 간의 경쟁력이 부족한 현실이라 할 수 있다. 특히 고등부 선수들은 엘리트 선수로 발굴되고 육성되는 단계이기 때문에 전문적 지식이 요구되는 훈련방법 뿐만 아니라 선수들의 양적 분석을 통해 선수들에게 보다 많은 피드백을 제공할 수 있어야 한다. 그러나 고등부 선수들을 대상으로 한 연구(Kim & Ryu, 2012)가 미흡한 부분에 있어, 엘리트 선수로 육성시키는데 필요한 기술의 정량적 자료를 제공하지 못하고 있다.

이와 관련해, 이 연구는 2011년(92회 전국체전, 경기 고양시, 윤대립: 15.59 m; 김경현: 16.23 m; 박기창: 15.68 m)과 2012년(93회 전국체전, 대구광역시, 윤대립: 16.81 m; 김경현: 17.03 m; 박기창: 18.02 m)에 고등부 2학년과 3학년으로 참가한 선수들을 대상으로 학년에 따른 운동학적 차이를 분석하였으며, 이를 통해 엘리트 선수로 발굴, 육성시키기 위한 기술적 요인에 대한 방향을 제시하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

2011년(2학년: second grade, [SG])과 2012년(3학년: third grade, [TG]) 전국체전에 2년 연속 참가한 남자 고등부 3명의 선수들에 대한 특성과 기록은 <Table 1>과 같다.

2. 실험 장비

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

3. 실험 절차

본 연구에서 촬영된 영상 자료는 2011년(고양)과 2012년

Table 1. Characteristics of subjects with grade classification

	Grade	Height (m)	Body mass (kg)	Career (yrs)	Record (m)	Dif (m)
PKC	SG	1.83	90	8	15.68	2.34
	TG	1.83	90		18.02	
KKH	SG	1.79	93	6	16.23	0.80
	TG	1.79	93		17.03	
YDL	SG	1.84	98	7	15.59	1.22
	TG	1.84	98		16.81	

SG: second grade, TG: third grade

Table 2. Experimental equipments

Equipment	Product	Manufacturer
Photograph instrument	Sony HXR-MC2000 Control Object(1×2×2 m)	Sony Visol
Analysis instrument	Kwon3D Version 3.1 Matlab R2009a	Visol Matworks

(대구) 전국체전 영상을 Sony HXR-MC2000 비디오 카메라 4대를 이용하여 촬영하였다. 영상분석에 필요한 공간 좌표를 얻기 위해 <Figure 1>과 같이 높이 2 m, 길이 2 m, 폭 1 m의 통제점 틀을 설치하였고, 카메라 영상은 60 fields/s로 촬영되었으며, 셔터스피드는 250 Hz/s로 설정하였다.

4. 자료처리 및 분석 변인

이 연구에서 사용된 3차원 공간좌표 계산은 DLT 방법(Abdel-Aziz, & Kararah, 1971)을 이용하였으며, 인체는 22개의 관절점과 1개의 가상 관절점(포환)으로 총 23개의 관절점에 14개의 분절이 연결된 강체구조(linked rigid body system)로 정의하였고, 각 분절과 전신의 신체중심을 구하기 위한 신체분절지수(body segment parameter)는 Plagenhoef, Evans 와 Abdelnour (1983)의 자료를 이용하였다. 분석요인은 글라이드와 딜리버리 국면의 주요 운동학적 요인과 포환의 궤적과 관련된 APSS(athletic-plus-shot system)의 특성을 분석하였다.

5. 분석 국면

본 연구에서의 분석 국면(Ryu et al., 2011, Kim & Ryu, 2012)은 글라이드 시작에서 릴리즈까지로 설정하였으며, <Figure 2>와 같이 5개의 Event와 4개의 Phase로 설정하여 분석하였다. 글라이드 국면은 E1에서 E3까지이며, 딜리버리 국면은 E3에서 E5까지로, 전환 국면(E3-E4)과 릴리즈 국면(E4-E5)으로 각각 구분하여 분석하였다.

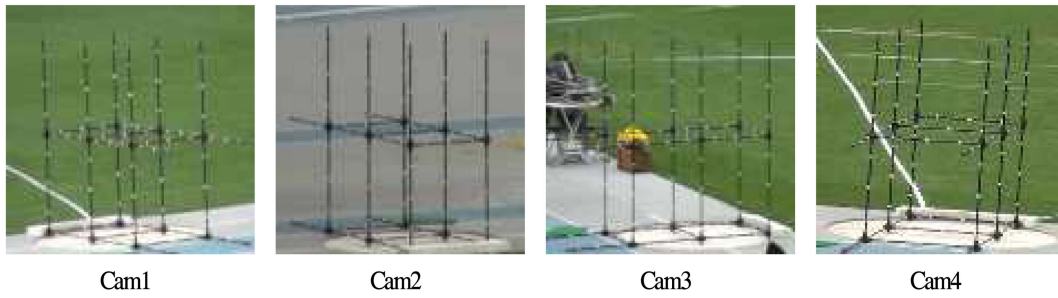


Figure 1. Setting of control object



RFTD: Rear foot touchdown, FFTD: Front foot touchdown
 Glide phase (E1-E3) - P1: E1-E 2(pre-flight), P2: E2-E3 (flight), Delivery phase (E3-E5) - P3: E3-E4 (transition phase), P4: E4-E5 (release phase)

Figure 2. Definition of event

III. 결 과

1. 글라이드 국면의 주요 운동학적 특성

<Table 3>은 글라이드 국면(glide phase)에서 피험자 별 주요 운동학적 요인에 대한 평균과 편차 값의 차이를 나타낸 것이다. 오른발 이지(take-off, E2)에서 착지(E3)까지 P2에 대한 글라이드 소요시간을 보면, SG에서는 평균 0.14 ± 0.01 초를 보였고, TG에서는 평균 0.15 ± 0.00 초로 글라이드 시간이 다소 길어진 특성을 보였으며, YDL과 달리 PKC와 KKH의 경우는 0.13초(SG)에서 0.15초(TG)로 글라이드 시간이 증가된 특성을 보였다. 오른발 이지(take-off)에서 오른발 착지 순간(RFTD)까지 글라이드 길이와 비율(%)을 살펴보면 SG는 평균 0.98 ± 0.06 m ($49.6 \pm 4.72\%$)를 보였고, TG에 있어서는 평균 0.95 ± 0.07 m ($46.8 \pm 1.62\%$)로 SG보다 다소 글라이드 길이가 짧아진 특성을 보였는데, PKC의 경우 1.03 m (SG, 55.1%)와 0.88 m (TG, 45.4%)로 글라이드 길이가 짧아진 특성을 보였지만, KKH와 YDL은 SG보다 TG에서 0.96 m (46.6%)와 1.02 m (48.6%)로 0.04 m (0.10%)와 0.04 m (0.05%) 증가된 특성을 보였다.

글라이드 국면에서 오른발 착지 순간(RFTD)까지 포환의 수직 변화를 보면, SG보다 TG가 전반적으로 낮은 자세의 글라이드 동작을 보였으며, PKC의 수직변위가 0.13 m 낮은 자세를 보인 것과 달리, KKH의 경우 SG보다 TG에

서 오히려 0.17 m 높아진 자세에서 착지되는 특성을 보였다. 신체중심의 최대 수평속도를 보면, SG가 평균 2.73 ± 0.18 m/s를 보였지만, TG에서는 평균 2.62 ± 0.03 m/s로 다소 작아진 특성을 보였는데, PKC는 SG보다 TG에서 2.60 m/s로 0.02 m/s 빠른 속도를 보였지만, KKH와 YDL은 TG의 수평속도가 SG보다 작은 속도에 가속되는 특성을 보였다.

글라이드 국면에서 무릎관절각의 크기와 상체전후경각의 기울기 자세를 살펴보면, 무릎각의 경우 E1은 SG가 TG보다 다소 신전된 자세로 평균 $120.2 \pm 6.75^\circ$ 를 보였지만, E2와 E3에 있어서는 TG가 다소 신전된 자세에서 이지($160.3 \pm 6.84^\circ$)와 착지($104.5 \pm 2.81^\circ$)가 이루어지는 특성을 보였다. PKC와 KKH는 SG보다 TG에서는 111.7° 와 96.0° 로 낮은 자세를 보였지만, YDL은 SG가 127.1° , TG에서는 143.7° 로 크게 신전된 자세에서 동작이 수행되는 특성을 보였다. 이지순간(E2)에 있어서 KKH는 TG에서 다른 피험자들보다 크게 신전된 자세(167.8°)에서 이지되는 특성을 보였다. 착지(RFTD, E3) 순간에 있어서는 모든 피험자들의 무릎이 굴곡된 자세를 보였지만, PKC와 YDL의 경우 SG보다 TG에서 다소 신전된 자세에서 착지를 보였고, KKH는 SG보다 TG에서 6.1° 굴곡된 자세에서 착지하는 특성을 보였다.

상체전후경각의 기울기 변화를 보면, -값은 상체가 숙여진 전경자세, 0은 수직자세, +값은 후경자세를 의미하는데, E1에 있어서는 SG가 TG보다 다소 상체가 세워진 자세를

Table 3. Kinematic characteristics at the glide phase

	PKC			KKH			YDL			SG	TG	
	SG	TG	Dif	SG	TG	Dif	SG	TG	Dif	M±SD	M±SD	
Executive time at P1 (sec)	0.28	0.32	0.04	0.37	0.35	-0.02	0.50	0.48	-0.02	0.38±0.11	0.38±0.09	
Executive time at P2 (sec)	0.13	0.15	0.02	0.13	0.15	0.02	0.15	0.15	0.00	0.14±0.01	0.15±0.00	
Glide length from E1 to E3 (m)	1.03	0.88	-0.15	0.92	0.96	0.04	0.98	1.02	0.04	0.98±0.06	0.95±0.07	
Glide length (%)	55.1	45.4	-9.72	46.7	46.6	-0.10	47.1	48.6	1.46	49.6±4.72	46.8±1.62	
Vertical displacement of ball at glide (m)	0.46	0.33	-0.13	0.18	0.35	0.17	0.20	0.15	-0.05	0.28±0.16	0.28±0.11	
Vertical position of ball (m)	E1	0.72	0.73	0.01	0.84	0.71	-0.13	0.92	0.99	0.07	0.83±0.10	0.81±0.16
	E2	1.07	0.94	-0.13	0.97	1.00	0.03	1.01	1.01	0.00	1.02±0.05	0.98±0.04
	E3	1.18	1.06	-0.12	1.02	1.06	0.04	1.12	1.14	0.02	1.11±0.08	1.09±0.05
Maximum V _H of COG (m/s)	2.58	2.60	0.02	2.93	2.65	-0.28	2.67	2.61	-0.06	2.73±0.18	2.62±0.03	
Knee angle of RL (°)	E1	119.9	111.7	-8.2	113.6	96.0	-17.6	127.1	143.7	16.6	120.2±6.75	117.1±24.31
	E2	150.6	154.4	3.8	159.0	167.8	8.8	158.7	158.7	0.0	156.1±4.77	160.3±6.84
	E3	102.6	107.4	4.8	110.4	104.3	-6.1	94.6	101.8	7.2	102.5±7.90	104.5±2.81
Trunk lean angle (°)	E1	-76.6	-76.9	-0.3	-51.9	-75.9	-24.0	-72.4	-66.9	5.5	-67.0±13.22	-73.2±5.51
	E2	-50.9	-53.9	-3.0	-54.0	-51.6	2.4	-54.2	-50.5	3.7	-53.0±1.85	-52.0±1.73
	E3	-43.2	-45.2	-2.0	-48.7	-46.5	2.2	-38.1	-34.3	3.8	-43.3±5.30	-42.0±6.70
RL Knee maximum °/s at P1	279.5	345.4	65.9	445.6	519.1	73.5	522.7	383.3	-139.4	415.9±124.3	415.9±91.3	
RL Knee minimum °/s at P2	-514.3	-514.9	-0.6	-568.7	-706.8	-138.1	-613.1	-552.0	61.1	-565.4±49.5	-591.2±101.8	

RL: rear leg (right leg); SG: Second grade, TG: Third grade, V_H: horizontal velocity

보였지만, E2와 E3에 있어서는 SG와 TG가 다소 유사한 자세에서 이지와 착지동작을 보였지만, 전경자세의 기울기가 점진적으로 세워지는 특성을 보였다. KKH의 경우 전경자세의 기울기가 가장 크게 숙여진 자세를 보인 반면에서 YDL은 E2와 E3다른 피험자들보다 상체가 세워진 자세에서 착지되는 특성을 보였다.

국면별 무릎의 최대 신전(extension, P1)과 굴곡(flexion, P2) 각속도(angular velocity)의 크기를 보면, 준비 자세에서 오른발 이지전까지의 P1에서는 SG와 TG 간에 유사한 신전속도를 보이면서 PKC와 KKH의 경우 최대 신전속도가 SG보다 TG에서 65.9%/s와 73.5%/s 증가된 특성을 보인 것과 달리 YDL은 SG보다 TG에서 139.4%/s 작은 속도에서 신전된 특성을 보였다. 오른발 이지에서 착지까지의 P2에서는 SG보다 TG가 다소 굴곡속도가 빠른 평균 591.2±101.8%/s의 속도를 보였는데, PKC는 SG와 TG에서 약 514%/s로 유사한 굴곡속도를 보였고, KKH는 SG보다 TG에서 138.1%/s의 굴곡속도가 큰 706.8%/s를, YDL의 경우는 SG보다 TG에서 139.4%/s의 굴곡속도가 작은 552.0%/s에서 착지되는 특성을 보였다.

2. 딜리버리의 전환 국면

<Table 4>는 딜리버리(delivery)의 전환 국면(transition

phase)에 대한 주요 운동학적 요인의 평균과 편차 값의 차이를 나타낸 것이다. 딜리버리 구간에서 전환 국면(P3)의 주요 운동학적 특성을 살펴보면, 전환 국면의 소요시간에 있어서 SG는 평균 0.10±0.04초를 보였고, TG는 평균 0.09±0.04초로 SG보다 다소 빠른 동작을 보였는데, PKC의 경우 SG와 TG 모두 0.05초의 짧은 시간을 보인 것과 달리 KKH와 YDL의 경우 SG는 0.12초를 보였고, TG에서는 0.12초와 0.10초로 PKC보다 다소 긴 전환 시간을 보였다.

전환 국면의 스탠스 길이와 비율을 살펴보면, SG는 평균 1.00±0.14 m (50.4±4.72%)을 보였고, TG에 있어서는 평균 1.08±0.02 m (53.2±1.62%)로 SG보다 스탠스 길이가 증가된 특성을 보였는데, PKC는 SG에서 0.84 m (44.9%)를 보였지만 TG에서는 1.06 m (54.6%)로 SG보다 0.22 m (9.72%) 길어진 특성을 보였고, KKH도 SG보다 0.05 m (0.10%) 긴 1.10 m (53.4%)의 스탠스 길이를 보인 반면에 YDL은 TG가 0.02 m (1.46%) 짧아진 1.08 m (51.4%)를 보였다. 왼발 착지(FFTD, E4) 시 포환의 수직 높이를 보면 E3와 유사한 높이를 보였고, SG와 TG에 있어서도 유사한 높이에서 착지되는 특성을 보였다. PKC의 경우 E3보다 E4가 다소 높아진 자세를 보였지만, SG보다 TG의 오른발 착지와 왼발 착지에서 0.12 m와 0.11 m 낮아진 자세를 보였고, KKH와 YDL도 오른발 착지보다 왼

Table 4. Kinematic characteristics at the transition phase of the delivery

		PKC			KKH			YDL			SG	TG
		SG	TG	Dif	SG	TG	Dif	SG	TG	Dif	M±SD	M±SD
Executive time at P3 (sec)		0.05	0.05	0.00	0.12	0.12	0.00	0.12	0.10	-0.02	0.10±0.04	0.09±0.04
Stance length from E3 to E4(m)		0.84	1.06	0.22	1.05	1.10	0.05	1.10	1.08	-0.02	1.00±0.14	1.08±0.02
Stance length (%)		44.9	54.6	9.72	53.3	53.4	0.10	52.9	51.4	-1.46	50.4±4.72	53.2±1.62
Vertical position of ball (m)	E3	1.18	1.06	-0.12	1.02	1.06	0.04	1.12	1.14	0.02	1.11±0.08	1.09±0.05
	E4	1.19	1.08	-0.11	1.03	1.10	0.07	1.14	1.19	0.05	1.12±0.08	1.12±0.06
Maximum V _H of COG (m/s)		2.37	2.23	-0.14	2.32	2.33	0.01	2.29	2.56	0.27	2.33±0.04	2.37±0.17
Knee angle of RL (°)	E3	102.6	107.4	4.8	110.4	104.3	-6.1	94.6	101.8	7.2	102.5±7.90	104.5±2.81
	E4	102.2	107.3	5.1	112.5	117.7	5.2	92.0	100.1	8.1	102.2±10.25	108.4±8.85
Trunk lean angle (°)	E3	-43.2	-45.2	-2.0	-48.7	-46.5	2.2	-38.1	-34.3	3.8	-43.3±5.30	-42.0±6.70
	E4	-38.5	-36.3	2.2	-47.1	-42.0	5.1	-37.7	-24.0	13.7	-41.1±5.21	-34.1±9.20
Shoulder line rotation (°)	E3	16.4	5.8	-10.6	23.3	19.9	-3.4	-2.5	11.2	13.7	12.4±13.36	12.3±7.11
	E4	26.6	17.2	-9.4	43.6	32.5	-11.1	34.4	36.0	1.6	34.9±8.51	28.6±10.00

RL: rear leg (right leg); SG: Second grade, TG: Third grade, V_H: horizontal velocity

발 착지에서 다소 높아진 특성을 보였지만, SG보다 TG에서 포환이 다소 높은 자세를 보였다.

신체중심의 최대 수평속도를 보면, SG는 평균 2.33±0.04 m/s를 보였고, TG에서는 SG보다 0.04 m/s 빠른 평균 2.37±0.17 m/s를 보였는데, 이는 글라이드 국면의 최대 속도(SG: 2.73±0.18 m/s, TG: 2.62±0.03 m/s)보다 감속된 속도를 보였다. 피험자 별 특성을 보면, PKC는 SG보다 TG에서 0.14 m/s 감속된 2.23 m/s의 속도를 보였고, YDL은 SG의 2.29 m/s보다 0.27 m/s 증가된 2.56 m/s를 보였다.

각도요인과 관련하여 오른쪽 무릎각(RL)의 경우 왼발 착지(E4)시 SG에서는 평균 102.2±10.25°를 보였고, TG에서는 SG보다 다소 신전된 평균 108.4±8.85°에서 착지되는 것으로 나타났는데, PKC는 오른발 착지와 왼발 착지에서 유사한 자세각을 보였지만, SG보다 TG에서 다소 신전된 자세에서 착지되는 특성을 보였다. PKC와 KKH와 달리 YDL은 E3보다 E4의 자세각보다 오히려 굴곡된 자세를 보였고, SG보다 TG에서 7.2° (E3)와 8.1° (E4) 신전된 자세에서 착지되는 특성을 보였다. 상체전후경각의 기울기 자세를 보면, 오른발 착지(E3)보다 왼발 착지(E4)에서 전경자세의 기울기가 다소 세워지는 자세를 보였고, E4에서는 SG (-41.1±5.21°)보다 TG (-34.1±9.20°)에서 상체가 세워진 자세를 보였다. 특히 KKH가 E3에서 가장 큰 48.7° (SG)와 46.5° (TG)를 보였고, E4에서도 47.1° (SG)와 42.0° (TG)로 E3와 큰 변화를 보이지 않는 PKC와 YDL 보다 상체가 숙여진 자세에서 왼발이 착지되는 특성을 보였다.

어깨회전각의 크기를 보면, 왼발 착지(E4)에서는 오른발 착지(E3)보다 피험자들 모두 내측회전의 움직임이 크게 나타났는데, E3에 있어서는 SG와 TG가 유사한 자세를 보였

지만, E4에 있어서는 SG (34.9±8.51°)보다 TG (28.6±10.00°)가 다소 내측회전의 움직임이 작은 특성을 보였는데, PKC는 KKH와 YDL 보다 내측회전이 작은 움직임을 보이면서 SG보다 TG에서 E3가 10.6°, E4가 9.4° 회전이 작은 특성을 보였다.

3. 딜리버리의 릴리즈 국면

<Table 5>는 릴리즈 국면(release phase)에 대한 주요 운동학적 요인에 대한 평균과 편차 값의 차이를 나타낸 것이다.

표에 제시된 릴리즈 국면(P4)의 소요시간을 살펴보면, SG는 평균 0.27±0.00초를 보였고, TG에서는 SG보다 다소 짧은 평균 0.26±0.03초의 시간을 보였는데, PKC와 YDL은 SG (0.27초)와 TG (0.28초)에서 유사한 시간을 보인 반면에 KKH는 0.27초(SG)에서 0.24초(TG)로 릴리즈 시간이 짧아진 특성을 보였다.

포환의 수평 위치와 변위를 살펴보면, SG와 TG가 유사한 이동 변위를 보였지만, PKC와 YDL은 SG보다 TG에서 다소 긴 변위를 보였고, KKH는 SG보다 0.15 m 작은 변위를 보였다. 포환의 수직 위치와 변위를 살펴보면, 릴리즈 순간(E5)의 투사점에 있어서 PKC는 SG보다 TG에서 0.06 m 낮은 2.02 m를 보였지만, KKH와 YDL은 SG보다 TG에서 0.03 m와 0.07 m 높아진 2.13 m와 2.23 m에서 릴리즈가 이루어지는 특성을 보였다. 포환의 수직 변위에 있어서 SG가 평균 0.99±0.09 m를 보였고, TG에서는 1.00±0.06 m로 다소 증가된 특성을 보였는데, PKC는 SG보다 TG에서 긴 0.94 m와 1.04 m의 이동 변위를 보인 반면에 KKH는 SG보다 TG에서 0.04 m 짧아진 1.03 m를 보였다.

Table 5. Kinematic characteristics at the release phase of the delivery

		PKC			KKH			YDL			SG	TG
		SG	TG	Dif	SG	TG	Dif	SG	TG	Dif	M±SD	M±SD
Executive time at P4 (sec)		0.27	0.28	0.01	0.27	0.23	-0.04	0.27	0.28	0.01	0.27±0.00	0.26±0.03
Horizontal position of ball (m)	E4	0.95	0.95	0.00	1.15	1.15	0.00	1.18	1.28	0.10	1.09±0.13	1.13±0.17
	E5	2.11	2.17	0.06	2.37	2.22	-0.15	2.28	2.49	0.21	2.25±0.13	2.29±0.17
Horizontal displacement of ball (m)		1.16	1.22	0.06	1.22	1.07	-0.15	1.10	1.21	0.11	1.16±0.06	1.17±0.08
Vertical position of ball (m)	E4	1.19	1.08	-0.11	1.03	1.10	0.07	1.14	1.19	0.05	1.12±0.08	1.12±0.06
	E5	2.08	2.02	-0.06	2.10	2.13	0.03	2.16	2.23	0.07	2.11±0.04	2.13±0.11
Vertical displacement of ball (m)		0.89	0.94	0.05	1.07	1.03	-0.04	1.02	1.04	0.02	0.99±0.09	1.00±0.06
Delivery length(m)		1.46	1.54	0.08	1.62	1.49	-0.14	1.50	1.60	0.10	1.53±0.08	1.54±0.06
Maximum V _H of COG (m/s)		2.26	2.53	0.27	2.56	2.20	-0.36	2.26	2.63	0.37	2.36±0.17	2.45±0.23
V _H of ball (m/s) at E5		8.55	9.56	1.01	8.75	8.18	-0.57	7.73	8.53	0.80	8.34±0.54	8.76±0.72
V _V of ball (m/s) at E5		6.82	7.36	0.54	6.93	7.18	0.25	6.97	7.16	0.19	6.91±0.08	7.23±0.11
V _R of ball (m/s) at E5		10.94	12.08	1.14	11.24	11.17	-0.07	10.41	11.17	0.76	10.9±0.42	11.5±0.53
Trunk lean (°)	E4	-38.5	-36.3	2.2	-47.1	-42.0	5.1	-37.7	-24.0	13.7	-41.1±5.21	-34.1±9.20
	E5	-2.2	6.5	8.7	0.4	-3.1	-3.5	-2.4	-6.8	-4.4	-1.4±1.56	-1.1±6.86
Shoulder line rotation (°)	E4	26.6	17.2	-9.4	43.6	32.5	-11.1	34.4	36.0	1.6	34.9±8.51	28.6±10.00
	E5	216.3	209.5	-6.8	218.3	209.3	-9.0	224.7	222.5	-2.2	219.8±4.39	213.8±7.56
Maximum °/s of elbow (°/s)		1108.8	1304.0	195.2	1229.0	1425.0	196	1288.9	1343.7	54.8	1208.9±91.72	1357.6±61.68
Maximum °/s of shoulder rotation (°/s)		1544.1	1469.0	-75.1	1264.8	1445.7	180.9	1344.3	1483.3	139.0	1384.4±143.90	1466.0±18.98
Projection angle of release (°)		38.6	37.6	-1.0	38.4	41.3	2.9	42.0	40.0	-2.0	39.7±2.02	39.6±1.88

SG: Second grade, TG: Third grade, V_H: horizontal velocity, V_H: horizontal velocity, V_V: vertical velocity, V_R: resultant velocity

수평과 수직 변위의 합성인 릴리버리의 길이를 살펴보면, SG(1.53±0.08 m)와 TG(1.54±0.06 m)에 있어서 유사한 특성을 보였지만, PKC와 YDL은 SG보다 TG가 다소 긴 1.54 m와 1.60 m로 다소 긴 릴리버리 길이에서 릴리즈 동작이 이루어지는 특성을 보였다. 릴리즈 국면에서 신체 중심의 최대 수평속도를 보면, 전환 국면(SG: 2.33±0.04 m/s, TG: 2.37±0.17 m/s)에 비해 큰 차이를 보이지 않았지만, SG는 평균 2.36±0.17 m/s를, TG에서는 평균 2.45±0.23 m/s를 보였는데, PKC와 YDL의 경우 TG에서 전환 국면보다 빠른 속도를 보인 것과 달리 KKH는 SG보다 TG에서 전환 국면보다 낮은 수평 속도를 보였다.

릴리즈 순간 포환의 속도 성분에 특성을 살펴보면, 수평 속도의 경우 SG보다 TG가 빠른 8.76±0.72 m/s의 속도를 보였고, PKC와 YDL은 SG보다 TG가 각각 1.01 m/s와 0.80 m/s 증가된 9.56 m/s와 8.53 m/s를 보인 반면, KKH는 SG보다 TG에서 0.57 m/s 감속된 8.18 m/s의 속도에서 릴리즈가 이루어지는 특성을 보였다. 수직속도에 있어서는 전반적으로 모든 피험자들이 SG(6.91±0.08 m/s)보다 TG(7.23±0.11 m/s)에서 증가된 특성을 보였는데, PKC는 0.54 m/s, KKH는 0.25 m/s, 그리고 YDL은 0.19 m/s 증가된 7.36 m/s, 7.18 m/s, 그리고 7.16 m/s의 속도에서 포환이 릴리즈 되는 것으로 나타났다.

상체전후경각 특성을 보면, 왼발 착지(FFTD, E4)의 전경자세보다 릴리즈 순간(E5)에 있어서 수직에 가까운 자세를 보이면서 SG (-1.4±1.56°)와 TG (-1.1±6.86°)가 유사한 자세각을 보였지만, PKC는 2.2°의 전경자세를 보인 SG보다 TG에서 6.5°도의 후경자세에서 릴리즈 자세를 보였고, KKH와 YDL은 SG보다 TG에서 전경자세로 숙여진 자세에서 릴리즈가 이루어지는 특성을 보였다. 어깨회전각을 보면 왼발 착지(FFTD, E4)보다 크게 내측회전이 큰 자세를 보였는데, SG는 평균 219.8±4.39°를 보였지만, TG는 평균 213.8±7.56°로 모든 피험자가 SG보다 TG에서 다소 내측회전의 움직임이 작은 자세를 보였다.

팔꿈치 관절과 어깨회전각에 대한 최대 각속도를 보면, 팔꿈치 관절은 SG (1208.9±91.72°/s)보다 TG (1357.6±61.68°/s)에서 큰 신전속도를 보였고, KKH는 1445.7°/s로 다른 피험자들보다

신전속도가 큰 특성을 보였다. 어깨회전의 각속도에 있어서 PKC는 SG보다 TG에서 75.1°/s 작은 1469.0°/s를 보인 것과 달리 KKH와 YDL은 TG에서 각각 180.9°/s와 139.0°/s 큰 1445.7°/s와 1483.3°/s에서 릴리즈가 이루어지는 특성을 보였다. 기록에 직접적인 영향을 주는 투사요인 중 투사각의 특성을 보면 SG와 TG가 유사한 투사각을 보였지만, PKC와 YDL은 SG보다 각각 1.0°와 2.0° 작은

37.6°와 40.0°를 보였고, KKH는 SG보다 TG가 2.9° 큰 41.3°에서 릴리즈 되는 특성을 보였다.

IV. 논 의

2011년 92회 전국체전 남자 고등부 포환던지기(6.0 kg) 결승에서 3학년 선수였던 LHK 선수는 16.99 m의 기록으로 랭크 1위의 결과를 보였지만, 고등부 2학년 KKH와 PKC, 그리고 YDL은 각각 16.23 m, 15.68 m, 15.59 m 기록을 보였다. 그러나 2012년 전국체전에 출전한 선수들의 기록은 전체 랭크 2위(PKC, 18.02 m)에 해당되는 기록으로 경기력이 크게 향상된 결과를 보였다. 그러나 이들 선수들의 경기력 향상이 체격적, 체력적, 그리고 기술적 측면에 의한 것인지 정량화된 자료가 없는 실정에 있어, 선수들을 위한 정량적 자료를 바탕으로 피드백을 제공하는 데 어려움이 있다. 이 연구에서는 2011년(92회)과 2012년(93회) 전국체전에 2회 연속 출전했던 선수들을 대상으로 기록 향상에 따른 기술적 측면의 운동학적 특성을 분석하여 엘리트 선수로 발굴, 육성시키기 위한 기술 방향을 제시하는데 있다.

체력과 체격적 측면의 특성에 의해 이루어지는 글라이드 기술의 두 가지 유형을 살펴보면, “short-long technique”는 발이 센터 라인(1.05 m) 전에 착지하는 짧은 글라이드와 긴 스탠스의 유형, “long-short technique”는 발이 센터 라인(1.05 m)을 넘어서 착지하는 긴 글라이드와 짧은 스탠스로 구분(Turk, 1997; Alexander et al., 1996; Bartonietz & Borgstöm, 1995; Hay, 1993; Bartonietz & Felder, 1993) 되는데, 체력이 약한 선수들에 있어서는 “long-short technique”가 유리하고, 근력과 파워를 가지고 있는 선수들에게는 “short-long technique”가 유리한 기술로 제시하고 있다(Dunn, 1989; Alexander et al., 1996). 특히 Hay (1993)에 의하면 “short-long technique”는 신장이 긴 선수들에게 유리하지만, 신장이 작은 선수들은 “long-short technique”가 유리한 것으로 보고하고 있다.

이 연구에 나타난 결과에 의하면, 2011년(SG)에서는 평균 0.98 ± 0.06 m ($49.6 \pm 4.72\%$)를 보였고, 2012년(TG)에서는 평균 0.95 ± 0.07 m ($46.8 \pm 1.62\%$)로 글라이드 길이가 다소 작아진 특성을 보였고, 스탠스 길이에 있어서는 SG가 평균 1.00 ± 0.14 m ($50.4 \pm 4.72\%$), TG는 평균 1.08 ± 0.02 m ($53.2 \pm 1.62\%$)로 스탠스 길이가 길어진 유형을 보였다. 피험자 별 특성을 보면 PKC는 글라이드 길이가 1.03 m (SG, 55.1%)에서 0.88 m (TG, 45.4%)로 0.15 m (9.72%) 짧아지고, 스탠스 길이는 0.84 m (44.9%)에서 1.06 m (54.6%)로 길어진 유형을 보이면서 글라이드보다 스탠스 길이가 긴 “short-long technique”를 나타냈고, KKH는 SG보다 TG에서 글라이드(0.04 m, 0.10%)와 스탠스 길이

(0.05 m, 0.10%)가 길어진 0.96 m (46.6%)와 1.10 m (53.4%)를, YDL은 글라이드 길이가 SG보다 TG가 0.04 m (1.46%) 긴 1.02 m (48.6%)에, 스탠스 길이는 SG보다 0.02 m (1.46%) 짧아진 1.08 m (51.4%)를 보이면서 짧은 글라이드에 긴 스탠스(short-long technique) 유형을 보였다.

국가대표 황인성 선수의 글라이드 유형(Ryu et al., 2011)을 살펴보면, 국내 최고기록을 경신한 동작에서 글라이드가 0.75 m, 스탠스 길이가 1.19 m로 글라이드 길이가 다소 짧은 유형을 보였고, Bartonietz (1994)에 의하면 22.5 m 이상의 기록을 보이는 세계 엘리트 선수들은 44:56%를 보이는 것과 비교할 때, 고등부 선수들은 TG보다 글라이드 비율을 짧게 하고, 스탠스 비율을 길게 해야 하는 것으로 나타났다.

글라이드와 전환 국면의 체력적인 면에 있어서 몸통과 팔, 그리고 대퇴 근력의 저하는 몸통 회전 시 포환의 이동 궤적이 중심축 <Figure 3>에서 벗어나는 특성(Young, 2009; Zatsiorsky, 2000; Lanka, 2000; Bartonietz & Borgstöm, 1995)을 나타내고 있는데, 체력이 좋은 우수 선수들의 경우 “n-a-b-c-I”의 이동궤적으로 S-모양(S-Shape)으로 포환이 목(neck) 옆 부분에 위치하여 APSS의 수직 중심축에 놓여져 있지 않기 때문에 딜리버리 초기에 어깨가 회전함에 따라 직선으로부터 벗어나고, 릴리즈의 최고점에서는 직선에 근접하는 S-모양의 궤적형태를 나타낸다. 이와 달리 “n-a-d-f-I”는 비우수 선수들의 이동궤도로 포환이 우측으로 벗어나는 유형이고, “S”는 경기력이 낮은 초보 선수들로 딜리버리 국면 동안 직선 이동으로 어깨가 왼쪽으로 지나치게 기울어진 자세에서 동작을 수행할 때 나타나는 특성으로 제시하고 있다.

이 연구에 나타난 고등부 선수들의 특성<Figure 4>을 보면, KKH와 YDL의 경우 SG보다 TG에서 포환의 궤적이 우측방향으로 크게 벗어난 형태로 전형적인 비우수 선수들의 유형인 n-a-b-c-I”의 이동궤적으로, 중심축으로부터 포환이 멀어지는 유형을 보이고 있지만, PKC의 경우 SG

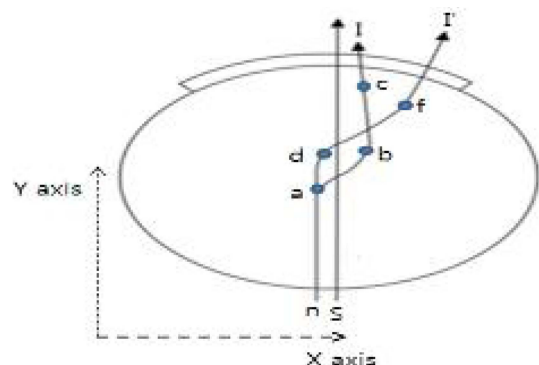


Figure 3. Shot trajectories type in X-Y plane (Young, 2009)

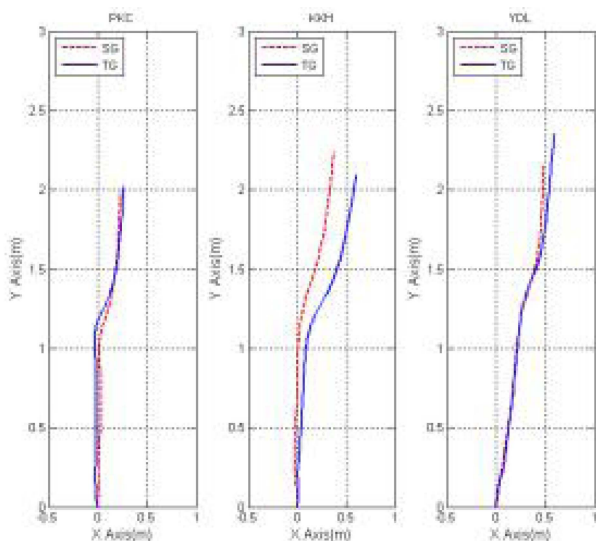


Figure 4. Shot trajectories of subjects in X-Y plane

와 TG가 비우수선수들 보다는 다소 우수선수들의 유형에 가까운 형태를 보이고 있어 다소 강한 근력과 파워의 체력을 보여주고 있다. 특히 PKC는 SG에서 15.68 m의 기록을 보였지만, TG에 있어서는 기록이 크게 향상된 결과(18.02 m)를 보임에 따라 강한 근력과 더불어 기술적 요인에 의해 기록이 크게 향상된 결과로 보여진다.

글라이드 기술에 대한 기술적 특성을 살펴보면, 글라이드에서는 짧고 빠른 착지 동작으로 신체중심의 속도를 가속화시켜 신체의 운동량을 크게 해야 하고, 전환 국면에서는 신체중심의 감속을 최소화시키면서, 무릎의 폭발적 신전과 동시에 허리 비틀림의 탄성을 이용하여 상체를 전방으로 밀어내면서 팔을 뻗는 연속적인 동작으로 에너지를 전달할 수 있어야 한다(Lee, 2002; Schmolinsky, 2000; Lanka, 2000; Tsirakos et al., 1995; Lindsay, 1994; Stepanek, 1990).

이 연구에 나타난 글라이드 국면의 주요 운동학적 특성의 차이를 살펴보면 전반적으로 글라이드 길이가 짧은 특성과 달리 글라이드 시간이 SG에서는 평균 0.14±0.01초를 보였지만, TG에서는 평균 0.15±0.00초로 오히려 시간이 증가되면서 신체중심의 수평속도가 SG는 평균 2.73±0.18 m/s, TG는 평균 2.62±0.03 m/s로 SG보다 다소 감속된 결과를 보였다. 이는 우측 무릎각(rear leg, [RL])에서 볼 수 있듯이, 준비 자세에서 PKC는 TG에서 111.7°를 보인 것과 달리 KKH는 96.0°로 굴곡된 자세를 보였고, YDL은 143.7°의 과도한 신전된 자세에서 준비동작이 이루어지는 특성을 보였다. 최대 무릎 신전 각속도에 있어서 PKC와 KKH의 경우 최대 신전속도가 SG보다 TG에서 65.9°/s와 73.5°/s 증가된 특성을 보인 것과 달리 YDL은 SG보다 TG에서 139.4°/s 작은 속도에서 무릎이 신전되는

특성을 보였기 때문에 신체중심의 수평속도가 낮은 것으로 나타났고, 포환의 수직높이에 있어서도 PKC는 준비 자세부터 오른발 착지까지 SG보다 TG의 포환의 높이가 낮은 자세를 유지한 반면에 KKH와 YDL은 포환의 높이가 점진적으로 높아진 자세로 인해 신체중심의 빠른 가속을 저해하는 특성을 보였다.

전환 국면에서는 신체중심의 감속을 최소화시키기 위해 왼발이 최대한 빠른 착지가 이루어져야 하는데(Lanka, 2000; Tsirakos et al., 1995; Lindsay, 1994; Stepanek, 1990), 스탠스 길이(SG: 1.00±0.14 m, TG: 1.08±0.02 m)는 TG가 길어진 반면 소요시간은 SG와 TG가 유사하거나(PKC, KKH) 짧아진(YDL) 시간(SG: 0.10±0.04초, TG: 0.09±0.04초)으로 SG와 TG가 각각 평균 2.33±0.04 m/s와 2.37±0.17 m/s로 글라이드 최대속도 보다 SG는 0.40 m/s, TG는 0.25 m/s로 감속하여 착지동작이 이루어지는 특성을 보였다. 포환의 수직높이에 있어서도 PKC와 KKH는 SG보다 TG에서 오른발 착지(E3)보다 왼발 착지(E4)에서 낮은 자세를 보임에 따라 달리버리 거리를 길게 하는 것으로 나타났고, 달리버리 구간에서 어깨의 회전속도를 얻기 위한 어깨회전각에 있어서도 PKC와 KKH는 SG (34.9±8.51°)보다 TG (28.6±10.00°)가 내측회전의 움직임이 작은 상태에서 왼발이 착지되는 특성을 보였다.

달리버리 구간에서 이루어지는 달리버리의 길이를 살펴보면, SG와 TG에 있어서 유사한 특성을 보였지만, PKC와 YDL은 SG보다 TG에서 0.08 m와 0.10 m 긴 1.54 m와 1.60 m의 길이를 보여 포환의 회전반경과 투사속도를 크게 할 수 있는 특성을 보였다. 그러나 릴리즈 순간 포환의 투사높이를 살펴보면, PKC는 긴 달리버리 길이를 보인 것과 달리 투사높이가 SG보다 TG에서 0.06 m 낮은 2.02 m를 보였고, 달리버리 길이가 가장 긴 YDL은 SG보다 TG에서 0.07 m 높아진 2.23 m에서 릴리즈가 이루어지는 특성을 보였다. Alexander 등 (1996), Hay (1993), Pyka와 Orlando (1991)에 의하면, 투사높이는 신장과 상지장의 길이가 기록에 크게 기여하는데, Byun 등 (2008)의 연구에서는 기록이 21.0 m 이상인 선수들의 경우 2.30 m 이상의 높이에서 릴리즈가 이루어지는 것으로 나타났고, 지난 2011대구 육상선수권대회 결승에 참가한 선수들은 평균 2.10 m, 그리고 국내 황인성 선수를 분석한 Ryu 등 (2011)의 연구에서는 평균 2.24 m의 높은 위치에서 릴리즈가 이루어진 것과 비교해 KKH와 YDL과 달리 PKC의 기록 향상을 위해서는 투사점을 높게 유지해야 하는 것으로 나타났다.

포환의 투사속도를 보면, 투사속도는 경기력에 가장 중요한 요인(Ariel et al., 2004; Hubbard et al., 2001; Luthanen, 1998; Maheras, 1995; Tsirakos et al., 1995; Hay, 1993)으로서, 21 m의 기록에서는 13.5 m/s 이상, 19 m 기록은 13 m/s 이상의 투사속도가 필요한 것으로 보고하였고,

International Association of Athletics Federations (IAAF, 2009)에서 보고한 2009베를린세계육상대회 분석결과에 의하면 21 m 이상은 14 m/s, 20 m 이상은 13.5 m/s 이상의 투사속도를 보였는데, 이 연구에 나타난 수평속도의 경우 SG보다 TG가 빠른 8.76±0.72 m/s의 속도를 보이면서 PKC와 YDL은 SG보다 TG가 각각 1.01 m/s와 0.80 m/s 증가된 9.56 m/s와 8.53 m/s의 속도를 보였고, 수직속도에 있어서도 SG (6.91±0.08 m/s)보다 TG (7.23±0.11 m/s)에서 증가된 특성을 보였지만, PKC는 0.54 m/s, KKH는 0.25 m/s, 그리고 YDL은 0.19 m/s 증가된 7.36 m/s, 7.18 m/s, 7.16 m/s의 속도를 보여 세계엘리트 선수들보다 낮은 속도에서 릴리즈가 이루어지는 것으로 나타났다. 즉, 전환 국면에서의 빠른 착지 동작과 더불어 신체중심의 감속을 최소화하고, 달리기 동작으로 에너지를 전달시켜야 하지만, APSS 유형에 나타난 비우수선수들의 유형을 보임에 따라 강한 근력과 순발력 향상에 필요한 체력적 요인에 대한 중요성을 보여주고 있다.

속도성분에 의한 투사각의 크기를 보면, 세계엘리트 선수들의 특성을 보면, 19-23 m의 기록은 평균 37°를 보였고(Ariel et al., 2004; Tsirakos et al., 1995; Bartonietz & Felder, 1993), IAAF (2009)에서 보고한 2009베를린세계육상대회 분석결과에 의하면 평균 36.9°, 지난 2011대국세계육상선수권대회 결승에 참가한 선수들의 경우 평균 34.6°, 그리고 황인성 선수를 분석한 Ryu 등 (2011)의 연구에서 32.7°를 보인 것과 비교할 때, SG에서는 평균 39.7±2.02°, TG에서는 평균 39.6±1.88°로 유사한 투사각을 보였지만, PKC는 TG에서 37.6°를 보인 것과 달리 KKH와 YDL은 41.3°와 40.0°로 상대적으로 수평속도보다 수직속도가 크게 나타나면서 투사각이 큰 특성을 보였다.

투사속도를 크게 하기 위해서는 APSS 유형과 더불어 몸통 회전과 팔의 신전력이 중요하게 작용(Zatsiorsky, 2000; Young, 2009; Bartonietz & Felder, 1993)하는데, 이 연구에서 어깨회전속도와 팔꿈치 최대각속도를 분석한 결과 팔꿈치의 경우 전반적으로 모든 피험자들이 SG (1208.9±91.72°/s)보다 TG가 평균 1357.6±61.68°/s 큰 신전속도를 보였다. Ryu 등 (2011)와 Kim 과 Ryu (2012)의 연구에 의하면, 기록이 좋을수록 팔꿈치의 신전속도가 크게 나타났는데, 이 연구에서도 유사한 결과를 보였다.

특히 기록이 좋을수록 어깨회전의 각속도가 상대적으로 작은 결과를 보였는데, PKC는 SG보다 TG가 작은 1469.0°/s를 보였고, KKH와 YDL은 TG에서 SG보다 큰 1445.7°/s와 1483.3°/s의 회전속도를 보이면서 Ryu 등 (2011)과 Kim 등 (2012)의 연구와 유사한 결과를 보였다.

이상의 내용을 종합해 보면, 기록이 크게 향상된 PKC의 글라이드와 스탠스 비율은 45.4:54.6%로 전형적인 “short-long technique”로 나타났지만, 글라이드 길이를 짧게 하면

서 긴 스탠스를 해야 하는 것으로 나타났다. APSS유형에 있어서는 SG와 TG 모두 비우수선수들보다 우수선수들에 가까운 S-모양(S-Shape)으로 강한 체력을 가지고 있는 것으로 나타났지만, 우수선수들의 유형을 보인 것과 달리 SG에서 기록이 15.68 m의 저조한 특성을 보였다. 이는 고등부 1학년 때(2010년 91회 전국체전)의 기록 14.77 m보다 다소 향상된 결과로 나타났고, 3학년 때의 TG에서는 급격히 향상된 18.02 m을 보임에 따라 체력적인 것보다 던지기 기술(technique)의해 기록이 향상된 결과로 볼 수 있다. 앞서 제시하였듯이 근력과 파워를 가지고 있는 선수들에게 유리한 “short-long technique” 빠른 투사속도 그리고 투사각이 37.6°를 보였고, 릴리즈 국면에서 어깨회전속도보다 상대적으로 팔꿈치 최대각속도가 큰 신전속도를 보임에 따라 다른 피험자들에 비해 강한 근력과 파워를 가지고 있다 할 수 있다. 그러나 대학부(7.26 kg)로 첫 출전(2013년 5월)한 제42회 종별육상선수권 대회의 기록을 살펴보면 15.30 m로 기록이 다소 낮은 결과를 보였는데, 황인성 선수의 2002년 고등부 19.90 m (5 kg)의 기록과, 2003년 대학부(7.26 kg) 첫 출전의 16.69 m 기록과 비교할 때, 기록이 작은 결과를 보여 체력 강화뿐만 아니라 포환 무게에 대한 새로운 기술적 보완의 필요성이 나타났다.

KKH의 년도 별 기록 추이를 보면, 2010년은 15.78 m, 2011년은 16.23 m, 그리고 2012년은 17.03 m를 보이면서 PKC처럼 경기력이 크게 향상된 것보다 점진적으로 향상된 결과를 보였는데, 글라이드 기술유형의 글라이드와 스탠스 비율을 보면 46.6:53.4%로 “short-long technique”로 나타났지만, 글라이드가 길고, 스탠스가 짧은 특성을 보였다. 특히 APSS유형에 있어서는 비우수선수들의 유형으로 나타나는 n-a-b-c-I'로 SG보다 TG에서는 포환이 우측방향으로 크게 벗어나는 특성을 보임에 따라 기술적인 면보다 체력적인 면이 다소 약한 결과에 의한 것으로 볼 수 있다.

YDL의 특성을 살펴보면, 년도 별 기록에 있어서 2010년은 15.06 m, 2011년은 15.59 m, 그리고 2012년은 16.81 m로 KKH와 같이 경기력이 급격히 향상된 결과보다 점진적으로 향상된 특성을 보였는데, 글라이드와 스탠스 비율을 보면 TG에서 48.6:51.4%로 “short-long technique”로 나타났지만, 상대적으로 글라이드가 길고, 스탠스 길이가 짧은 특성을 보임에 따라, PKC처럼 글라이드 길이를 짧게 하고 스탠스를 길게 해야 되는 것으로 나타났다. APSS유형에 있어서는 KKH와 마찬가지로 비우수선수들의 유형으로 나타나는 n-a-b-c-I'로, SG보다 TG에서 우측으로 크게 벗어나는 특성을 보임에 따라 기술적인 면보다 체력적으로 근력과 순발력 강화의 필요성이 나타났다. 특히 달리기 길이가 가장 길고, 투사점이 가장 높은 자세를 보인 것과 달리 기록이 상대적으로 작은 것은 글라이드 국면에 작용하는 근파위의 약화로 볼 수 있다. 최근 대학부(7.26 kg)로

첫 출전(2013년 5월)한 제42회 중별육상선수권대회의 기록을 살펴보면 14.91 m로 PKC와 HIS (Hwang In Seung)의 기록보다 큰 차이를 보였는데, 경기력 향상을 위해서는 근력과 파워를 강화시킬 수 있는 훈련프로그램의 필요성이 나타났다. PKC와 YDL이 엘리트 선수로 육성되기 위해서는 Lee (2007)가 제시한 신체중심의 이동훈련, 순발력, 그리고 등으로 포환던지기과 같은 분습법에 의한 특이성 원리를 적용한 기술훈련을 제안하고자 한다.

V. 결 론

이 연구는 포환던지기 남자 고등부 선수들을 대상으로 기록차이에 따른 글라이드 동작과 릴리버리 동작에 대한 운동학적 특성을 비교 분석하여, 엘리트 선수로 발굴, 육성시키기 위한 기술 방향을 제시하는데 있다. 이를 위해 2011년(2학년, 92회 전국체전)과 2012년(3학년, 93회 전국체전) 전국체전 고등부 시합에 2년 연속 참가했던 선수(PKC, KKH, YDL)들을 대상으로 3차원 영상분석을 하였으며, 촬영된 영상은 Kwon3D 3.1 프로그램을 이용하여 글라이드 국면과 전환 국면, 그리고 릴리즈 국면의 운동학적 자료를 산출하였고, 어깨회전각과 투사각의 자료산출은 Matlab R2009a를 사용하여, 다음과 같은 결론을 얻었다.

글라이드 길이와 스탠스 길이와 비율을 분석한 결과, SG보다 TG에서 글라이드 길이가 짧아지고 스탠스가 긴 "short-long technique"로 나타났지만, 글라이드와 스탠스 비율이 46.8 : 53.2%로 스탠스가 긴 특성을 보였다. 포환의 이동궤적 변화에 대한 APSS에 있어서 PKC는 SG와 TG 모두 비우수선수보다 우수선수에 가까운 "n-a-b-c-I"의 S모형 이동궤적을 보인 반면, KKH와 YDL은 비우수선수들의 "n-a-d-f-I"의 유형을 보이면서 중심축에서 포환까지의 회전반경이 작고, 직선 궤적으로부터 포환이 멀어지는 유형을 보였다. 이러한 특성으로 SG보다 TG의 기록이 가장 크게 증가한 PKC는 글라이드 비율이 짧고 APSS 유형이 우수선수들의 S자 유형에 가까운 특성을 보여 다른 선수들에 비해 체력과 기술적인 요인에 의한 것으로 볼 수 있지만, KKH와 YDL은 글라이드 비율이 크고, 비 우수선수들의 유형인 "n-a-d-f-I"를 보임에 따라 체력보다는 기술적인 요인에 의해 기록이 향상된 특성을 보였다. 이는 직접적으로 기록에 영향을 주는 투사요인에서 볼 수 있듯이, PKC는 신체중심이 빠른 수평속도를 이용한 운동량 전이와 포환의 수직높이가 상대적으로 낮은 글라이드와 전환 자세를 유지하였기 때문에 중심축에서 포환까지의 회전반경이 크게 나타나 기록에 직접적인 영향을 주는 수평속도와 수직속도가 큰 특성을 보였다.

참고문헌

- 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.
- Alexander, M. J., Lindner, K. J., & Whalen, M.(1996). Structural and biomechanical factors differentiating between male and female shot put athletes. *Journal of Human Movement Studies*, 30, 103-146.
- 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 February 19, 2005 from <http://www.arielnet.com/start/apas/studies/shotfinal.pdf>.
- Bartonietz, K., & Borgstöm, A.(1995). The throwing events at the World Championships in Athletics 1995, Goteborg - Technique of the world's best athletes. Part 1: shot put and hammer throw. *New Studies in Athletics*, 10(4), 43-63.
- Bartonietz, K., & Felder, H.(1993). *Shot put women final: express report*.(Unpublished technical report from the 1993 IAAF World Championships). Rheinland-Pfalz, Germany: Olympiastützpunkt.
- 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.
- Dunn, G. J.(1989). *The Shot Put*. In V. Gambetta (Ed.), *The Athletic Congress's Track and Field Coaching Manual*(153-165). Champaign, IL: Leisure Press.
- Hay, J. G.(1993). *The Biomechanics of Sports Techniques*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Hubbard, M., de Mestre, N. J., & Scott, J.(2001). Dependence of release variables in the shot put. *Journal of Biomechanics*, 34, 449-456.
- International Association of Athletics Federations (IAAF). (2009). *Scientific Research Project Biomechanical Analyses at the Berlin 2009*. Final Report(Throwing Events).
- Kim, J. I.(2003). *The kinematic analysis of transition and delivery phase in skill motion of the shot put*. Unpublished manuscript, Korea National Sport University, Korea.
- Kim, T. S., & Ryu, J. S.(2012). The Kinematic Analysis of Gliding Type and Delivery Phase in Each Trails during Shot-Putting-Focusing on Lee, Hyung-Keun, Player in Men's High School Youth Group. *Korean Journal of Sport Biomechanics*. 22(2), 159-171.
- Knudson, L. E.(1989). A biomechanical analysis of power vs. speed techniques in shot putting. *Athletics Science Journal*, 1(4), 1-20.
- Lanka, J.(2000). *Shot Putting*. In V. Zatsiorsky (Ed.), *Biomechanics in Sport*. London: Blackwell Science Ltd.
- Lee, S. H.(2007). Techniques training of shot put throwing through peculiarity principles. *Korea Institute of Sports Science, Sports Science*, Winter issue, 34-42.
- Lee, J. H.(2002). Kinematic analysis of the shot-putting in the male national shot-putters. *The Korean Journal of School Physical Education*, 12(2), 85-92.

- Lindsay, M. R.(1994). A comparison of rotational and O'Brien shot put techniques. *The Thrower*, 63, 12-17.
- Linthorne, N. P.(2001). Analysis of standing vertical jumps using a force platform. *American Journal of Physics*, 69(11), 1198-1204.
- Luhtanen, P., Blomqvist, M., & Vantinen, T.(1997). A comparison of two elite shot putters using the rotational shot put technique. *New Studies in Athletics*, 12(4) 25-33.
- Luthanen, P.(1998). A Preliminary Study of Rotational Shot Put Technique. *XVIth Symposium of the International Society of Biomechanics in Sports*, Konstanz, Germany, ISBS.
- Maheras, A. V.(1995). *The relationship between the angle of release and the velocity of release in the shot-put, and the application of a theoretical model to estimate the optimum angle of release*. Unpublished doctoral dissertation, Lawrence, KS, University of Kansas.
- Maltseva, N.(1990). Fundamentals of throwing. *Legkaya Atletika*, (10), 18-19.
- McCoy, R. W., Koprowski, K., & Ogren, V.(1989). *Kinematic Analysis of the Women's Shotput*(Unpublished technical report). Williamsburg, VA: The College of William and Mary.
- Plagenhoef, S., Evans, G. F., & Abdelnour, T.(1983). Anatomical data for analyzing human motion. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 54(2), 169-178.
- Pyka, I., & Orlando, B.(1991). Rotational shot put. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 13(1), 6-9, 83-88.
- Ryu, J. S., Park, J. M., & Kim, T. S.(2011). The Kinematic Difference According to Success and Failure of Shot-Putting-Focusing on Member of the National Team, Hwang, In-sung, Player-. *Korean-JournalofSportBiomechanics*. 21(2). 161-171.
- Schmolinsky, G.(2000). *The shot put*. In G. Schmolinsky (Ed.), *Track & Field*(335-348). Toronto: Sports Book Publisher.
- Stepanek, J.(1990). *Findings of the IAAF biomechanical research concerning shot put*. In G-P Bruggeman & J.K. Ruhl (Eds.), *Techniques in Athletics*(pp.625-628). Koln, Federal Republic of Germany: Deutsche Sporthochschule Koln.
- Susanka, P., & Stepanek, J.(1988). *Biomechanical analysis of the shot put*. In Scientific Report on the Second IAAF World Championships in Athletics. Rome: H1-H77.
- Tsirakos, D. K., Barlett, R. M., & Kollias, I. A.(1995). A comparative study of the release and temporal characteristics of shot put. *Journal of Human Movement Studies*, 28, 227-242.
- Turk, M.(1997). Building a technical model for the shot put. *Track Coach*, 141, 4489-4499.
- Young, M.(2009). *Development and application of an optimization model for elite level shot putting*. Unpublished doctoral dissertation, Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College.
- Young, M., & Li, L.(2005). Determination of critical parameters among elite female shot putters. *Sports Biomechanics*, 4(2), 131-148.
- Zatsiorsky, V. M.(2000). *Biomechanics in sport*. Blackwell Science Ltd.