

고등부 남자 포환던지기 선수의 시기 별 글라이드 유형과 딜리버리 국면의 운동학적 분석

- 고등부 이형근 선수를 중심으로 -

김태삼¹·류지선²

¹한국체육대학교 체육과학연구소² 한국체육대학교 스포츠건강복지학부 스포츠건강관리

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 -

Tae-Sam Kim¹·Ji-Seon Ryu²

¹Sports Science Institute, Korea National Sport University, Seoul, Korea

²Sport & Health Management Major, School of Sport Health & Welfare, Korea National Sport University, Seoul, Korea

Received 20 March 2012; Received in revised form 10 May 2012; Accepted 16 May 2012

ABSTRACT

The purpose of this study was to provide information about kinematic variables of the gliding and delivery motion of Hyung-Keun Lee, a high school shot putter who was ranked 1st at the 2011 National Sports Festivals. Three-Dimensional motion analysis using a system of 4 video cameras at a sampling frequency of 60 Hz was conducted during shot-putting events at the 2011 National Sports Festivals. During the gliding and delivery phase of the player the results showed following characteristics; 1) The gliding technique types of the player appeared to be the short-long technique as the gliding and stance length ratio were $42.3 \pm 3.87\%$ and $57.7 \pm 3.87\%$, respectively. In addition, the trajectory of shots during the gliding and delivery phase showed different trajectory patterns with "S-shaped" type of elite players due to the deviation from a central axis of the APSS (athletic-plus shot system). 2) The horizontal velocity of COG made from gliding should maintain the velocity during transition and release phase, but the player showed a small momentum for a gradual decrease of velocity. 3) Therefore, the player requires to adjust an appropriate ratio between gliding and stance length with a strong muscle power at the trunk, throwing arm, and the lower extremity during gliding and delivery phase.

Keywords : Shot Put, Gliding, Transition, Delivery, APSS, Trajectory

I. 서 론

육상경기에서 던지기 종목은 힘을 비교함과 동시에 기술을 겨루는 경기이기 때문에 스텝(step)이나 턴(turn) 등을 이용하여

1 cm라도 더 멀리 던지는 것이 중요하다(Park, 1995, Oh, 2001). 던지기 종목 중 포환던지기는 직경 2.135 m의 원(circle) 안에서 스텝(step)과 힘(force), 신체의 균형(balance)을 이용하여 최대한의 거리를 얻는 기록경기이다(Ryu, Park & Kim, 2011; Alexander, Lindner & Whalen, 1996; Hay, 1993; Pyka & Otrando, 1991). 최대 거리를 얻기 위해 선수들은 오소토크식(Orthodox) 기술, 글라이드(Glide) 또는 오브라이언(O'Brien) 기술, 그리고 턴(Turn) 기술을 사용하며, 대부분 선수들은 글라이드 기술과 턴 기술을 사용하고 있다.

Corresponding Author : Tae-Sam Kim
Sports Science Institute, Korea National Sport University, 88-15
Oryun-dong, Songpa-gu, Seoul, Korea
Tel : +82-2-410-6712 / Fax : +82-2-210-6945
E-mail : tskim@knsu.ac.kr

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부) 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2010-413-G00007)

2011대구세계육상선수권대회에서 21.78 m로 우승한 데이비드 스톨(David Storl, Germany)과 2009베를린 세계육상선수권대회 은메달(21.91 m)과 2008베이징 올림픽 금메달(21.51 m)인 토마시 마예브시크(Tomasz Majewski, Poland)는 글라이드 기술을 사용하는 반면에 2009베를린 세계육상선수권대회 금메달(22.03 m)과 2008베이징올림픽 은메달(21.09 m)인 크리스티안 캔트웰(Christian Cantwell, USA)과 2011 대구세계육상선수권대회 은메달(21.64 m)인 딜런 암스트롱(Dylan Armstrong)은 턴 기술로 우승한 사례를 보여주면서 세계 우수 선수들은 글라이드 기술과 더불어 턴 기술을 사용하고 있다. 이와 달리 국내 선수들의 기술유형을 보면 국내 기록보유자 황인성 선수(18.86 m)를 비롯한 대부분의 선수들이 글라이드 기술을 사용하고 있으며, 정일우 선수(26 yrs, 18.49 m)가 유일한 턴 기술을 사용하고 있을 정도로 국내 선수들에 있어서는 글라이드 기술이 주를 이루고 있다. 특히 고등부 선수들에 있어서도 지난 92회 전국체전에서 우승한 이형근 선수(16.89 m), 2위 김경현 선수(16.23 m), 3위 박기창 선수(15.68 m)를 비롯한 모든 출전 선수들이 글라이드 기술을 사용하고 있다.

글라이드 기술은 서클 안에서 뒤돌아선 채 스텝을 시작하는 기술인 반면에, 턴 기술은 원반던지기과 같이 턴을 이용한 후 던지기 국면에서는 글라이드 기술과 같이 미는 동작을 구사하는 기술로서 글라이드 기술은 포환 파지의 준비자세, 글라이딩(gliding), 푸싱(pushing), 리버스(reverse) 동작의 4단계로 구분되며(KAAF, 1987), 기술 동작에 따라 글라이딩 국면(gliding phase)과 릴리즈를 위한 딜리버리 국면(delivery phase)으로 구분된다(Lee, 2002; Kim, 2003, Young & Li, 2005; Byun et al., 2008). 글라이딩은 준비 자세에서 무릎의 신전운동을 통해 신체중심의 수평속도를 순간적으로 가속시키는 동작으로서 신체의 운동량을 크게 하는 기술이다. 즉 상체의 기울기와 하지의 자세각에 따라 글라이딩의 조건이 달라질 수 있기 때문에 동작의 연속성이 중요한 기술이다(Bosen, 1985; Susanka & Stepanek, 1988; Linthorne, 2001).

Kim(2003), Maheras(1995), Tsirakos, Bartlett & Kollias(1995), Luhtanen, Blomquist & Vanttinen(1997), Zatsiorsky(2000), Byun et al.(2008), Ryu et al.(2011)에 의하면 준비 자세에서 폭발적인 하지 각근력에 의한 탄력적 추진은 신체의 관성을 최대화시키는 동작이기 때문에 초기의 폭발적인 힘을 유지하는 것이 중요하고, 신장이 긴 선수일수록 글라이드 기술이 유리한 것으로 보고하고 있다. 특히 글라이딩 기술과 관련해 Hay(1993)는 신장이 길수록 short-long technique이 유리하며, 신장이 작은 선수들에 있어서는 long-short technique이 유리한 기술로 나타내고 있고, 체력적인 면과 관련해 근력과 파워를 가지고 있는 선수들에게는 short-long technique이 유리하지만, 체력이 다소 약한 선수들에 있어서는 long-short technique로 제시하면서, 글라이딩 기술은 신장과 체력적인 면에 결정되지만 글라이딩은 개인 특성에 맞

는 기술을 사용하는 것이 최적의 기술로 보고하고 있다(Dunn, 1989; Bartonietz & Felder, 1993; Bartonietz & Borgstöm, 1995; Alexander et al., 1996; Turk, 1997). 이와 관련해 22.5 m 이상의 기록을 보이는 선수들의 글라이딩과 스텝 길이를 분석한 Bartonietz(1994)에 의하면 44:56 %로 스텝 길이가 짧은 short-long technique을 사용하고 있는 것으로 보고하였고, 국내선수들의 글라이딩 기술 유형을 보면, 황인성 선수를 분석한 Ryu et al.(2011)에 의하면 글라이딩 길이가 평균 0.77 m, 스텝 길이가 평균 1.19 m인 short-long technique로 보고하였다. 특히 Park(2011)에 의하면 글라이딩 비율이 평균 41.2 %, 스텝 길이는 평균 58.8 %로 선행연구보다 낮은 비율에서 글라이딩과 스텝 동작이 이루어지는 특성을 보였다. 이처럼 국내 선수들의 경기력 향상을 위해서는 글라이딩 기술의 유형 분석을 통해 선수들의 신장과 체력적인 특성에 맞는 기술을 제공하는 것이 경기력 향상을 위해 크게 기여할 수 있다(Ryu et al., 2011; Park, 2011).

글라이드 기술의 두 번째 동작인 딜리버리 국면은 글라이딩에서 얻은 신체의 운동량을 양 발의 빠른 착지와 더불어 순간적인 허리 토크로 유도하는 전환(transition) 국면과 릴리즈(release) 국면으로 분류되는데, 전환국면은 글라이딩에서 연속적으로 유지해온 관성과 힘을 전환시키는 국면으로서 신체중심의 감속을 최소화하고, 릴리즈 동작으로 에너지를 전달시켜야 한다(Lee, 2007, Ryu, 2011; Lanka, 2000; Tsirakos et al., 1995; Lindsay, 1994; Stepanek, 1990). 전환국면과 관련하여 Hubbard(1988), Alexander et al.(1996), Kim(2003)에 의하면, 기록이 좋은 선수들은 착지동작에서 연속동작이 이루어짐에 따라 글라이딩에서 얻은 신체의 관성을 유지하는 반면에 기록이 낮은 선수들은 불연속적인 착지 동작으로 신체의 관성을 릴리즈 국면으로 연결시키지 못하여 릴리즈 시 허리의 탄력을 이용한 신체의 회전력으로 포환을 던지기보다 팔과 어깨 힘에 의존하는 것으로 보고하고 있다(Lee, 2007, Lee, 2002; Tsirakos et al., 1995; Luthanen, 1998; Young & Li, 2005).

특히 전환국면에서의 긴 스텝 길이는 릴리즈 국면에서 포환의 이동궤적이 벗어나기 때문에 운동량 전이가 작아짐으로서 릴리즈 순간 투사속도가 작아지는 것으로 보고(Young, 2009)하였는데, 이처럼 글라이드 기술은 글라이딩 동작에서 얻은 신체중심의 속도를 딜리버리 동작에 연결시킴과 동시에 허리토크를 이용하여 릴리즈 순간의 투사속도를 크게 하는데 있다. 릴리즈 국면은 기록과 직접적인 관계를 보이는 국면으로서 투사높이, 투사각, 그리고 투사속도가 중요한 요인으로 작용한다(Ryu et al., 2011; Park, 2011; Ariel et al., 2004; Hubbard, de Mestre & Scott, 2001; Luthanen, 1998; Maheras, 1995; Hay, 1993). 투사속도와 관련해 Luthanen(1998), Tsirakos et al.(1995)에 의하면, 21 m의 기록을 얻기 위해서는 13.5 m/s 이상의 투사속도가 필요하며, 19 m 기록은 13 m/s의 속도를 보였고, 2009베를린세계육상

대회(2009, IAAF)에서 남자선수들에 있어서 21 m 이상은 14 m/s, 20 m 이상은 13.5 m/s의 속도를 보인 것과 달리 국내 선수를 분석(Ryu et al., 2011)한 연구에서 18.86 m(황인성)은 13.28 m/s를 보였고, Park(2011)의 연구에서는 17.42 m의 거리에서는 평균 12.21 m/s를 보인 것과 비교할 때 세계우수선수들과 많은 속도차이를 보이고 있다.

투사높이는 신장과 상지장의 길이가 기록에 기여하는데(Ariel et al., 2004; Alexander et al., 1996; Tsirakos et al., 1995; Hay, 1993; Pyka et al., 1991), Alexander et al.(1996), McCoy, Koprowski & Orgen(1989), Tsirakos et al.(1995)에 의하면 엘리트 선수들의 경우 2.0-2.2 m에서 릴리즈가 이루어지는 것으로 나타났고, 2011대구육상선수권대회 보고서(2011, KSSB)에 의하면 결승에 참가한 선수들의 경우 평균 2.10 m, 2007오사카세계육상선수권대회를 분석한 Byun et al.(2008)의 연구에서는 21.0 m 이상인 선수들의 경우 2.30 m 이상의 높이에서 릴리즈 동작이 이루어지는 특성을 보였다. 특히 2011대구세계육상선수권대회에서 글라이드 기술로 우승한 데이비드 스톨(Daivd Storl, 21.78 m)의 경우 2.27 m의 투사높이를 보였고, 3위인 안드레이 미크 니비키(Andrei Mikhneviki, 21.40m) 역시 글라이드 기술로 2.20 m의 투사높이를 보이면서 턴 기술을 사용하는 선수들에 비해 상대적으로 높은 투사높이를 보였다. 반면에 국내선수들에 있어서 황인성 선수를 분석한 Ryu et al.(2011)의 연구에서 평균 2.24 m, Park(2011)의 연구에서는 평균 2.13 m로 글라이드 기술을 사용하는 선행연구들보다 다소 낮은 위치에서 릴리즈가 이루어지는 특성을 보이고 있다.

투사각은 투사속도보다 거리에 미치는 영향은 작지만, 엘리트 선수들이 19-23 m의 기록을 나타내는데 필요한 투사각은 약 37 °로 시상면에서 몸통의 기울기, 던지는 팔의 신전각이 큰 영향을 주는 것으로 보고하고 있다(Ariel et al., 2004; Tsirakos et al., 1995; Bartonietz & Felder, 1993; McCoy et al., 1989). 2009베를린세계육상대회(2009, IAAF)에서는 평균 36.9 °를 반면에 지난 2011대구세계육상선수권대회 결승에 참가한 선수들의 경우 평균 34.6 °를 보였고, 글라이드 기술을 사용하여 우승한 데이비드 스톨(Daivd Storl, 21.78 m)이 37.2 °, 3위인 안드레이 미크 니비키(Andrei Mikhneviki, 21.40 m)는 35.7 °에서 릴리즈가 이루어지는 특성을 보인 것과 달리 국내선수들의 특성을 보면 Ryu et al.(2011)의 연구에서 평균 32.7 °를 보여 선행연구보다 낮은 투사각을 보이고 있다.

이처럼 포환던지기는 글라이딩 국면과 릴리버리 국면에서의 연계동작을 통해 릴리즈 동작이 이루어졌을 때 경기력에 직접적인 영향을 주는 것으로 나타나고 있다.

국내 선수들의 경우 세계 엘리트 선수들과 글라이딩 국면과 릴리버리 국면에서 많은 운동학적 차이를 보이면서 그에 따른 경기력이 낮은 결과를 보이고 있지만, 최근 국내 일반(7.260 kg)

선수들에 있어서는 매 해마다 기록이 경신됨에 따라 경기력 향상이 되고 있는 반면에 고등부(6.0 kg) 기록에 있어서는 2007년 18.38 m의 기록으로 부별 신기록을 나타내고 있는 것과 달리 2009년 17.77 m, 2010년 17.33 m, 그리고 2011년에 있어서는 16.99 m로 부별 전체 랭크 9위를 보임에 따라 점진적으로 경기력이 낮아지는 특성을 보이고 있다.

이와 달리 주니어 세계기록을 살펴보면 2009년에는 데이비드 스톨(Daivd Storl, Germany)이 22.35 m, 2011년에 있어서는 제이코 길(Jacko Gill, Newzealand)이 22.31 m로 랭크 1위 기록을 나타내고 있고, 2위는 크리스토프 브로조위스키(Krzysztof Brzozowski, Poland)가 20.92 m, 그리고 3위는 중국의 멥리(Meng Li) 선수가 20.63 m의 기록을 나타낸 것과 달리 국내 기록은 점진적으로 경기력이 낮아지는 특성을 보이면서 세계 및 아시아 기록과도 많은 차이를 보이고 있다. 세계 기록과 많은 차이를 보이고 있지만 체격적인 면에 있어서 데이비드 스톨(Daivd Storl, Germany)은 신장이 1.99 m, 체중은 111 kg의 체격을 보였고, 제이코 길(Jacko Gill)은 1.90 m의 신장에 107 kg의 체격조건을 보인 반면에 국내 고등부 랭크 1위인 이형근 선수의 경우 신장이 1.92 m, 체중은 110 kg으로 세계 선수들과 신장과 체중의 체격적인 면에서 차이를 보이지 않고 있다.

특히 세계 우수선수들과 유사한 체격 조건을 가지고 있는 이형근 선수의 경우 고등학교 때부터 포환선수로 전환 후 3년 만에 제 92회 전국체전과 전국대회에서 랭크 1위에 올랐기 때문에 과학적 훈련을 통한 지도는 경기력 향상을 위해 크게 기여하리라 생각된다.

또한 일반선수들을 대상으로 한 정량적인 연구가 이루어진 것과 달리 고등부 선수들을 대상으로 한 정량적인 자료는 미흡한 실정에 있어 경기력 향상을 위해서는 전문적 지식이 요구되는 훈련방법 뿐만 아니라 선수들에게 보다 많은 피드백을 줄 수 있는 양적 연구의 필요성이 요구된다. 따라서 이 연구는 엘리트 선수로 양성되는 고등부 1위인 이형근 선수를 대상으로 글라이드 국면과 릴리버리 국면에서의 운동학적 요인을 분석하여 세계 엘리트 선수들을 분석한 선행연구와의 비교, 분석을 통해 경기력 향상을 위한 효율적 기술훈련에 대한 방향을 제시하는데 있다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

본 연구는 고등부 남자 포환던지기 선수인 이형근 선수(height: 1.92 m, body mass: 110 kg, career: 3 yrs, top record: 16.89 m)를 중심으로 1차 시기에서 6차 시기까지 분석하였다(Table 1).

Table 1. Final trail record (unit: m)

	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
Lee, HK	15.15	16.99	16.85	x	16.91	16.89

2. 실험 장비

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

Table 2. Experimental equipments

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

3. 실험 절차

본 연구에서 촬영된 영상은 2011년 92회 전국체전 남자 고등부 경기를 촬영한 것이며, Sony HXR-MC2000 비디오 카메라 4대를 이용하여 촬영(60 fields/s)하였으며, 셔터스피드는 250

Hz/s로 설정하였다. 3차원 공간 좌표를 얻기 위해 <Figure 1>과 같이 높이 2 m, 길이 2 m, 폭 1 m의 통제점 틀을 설치하였다.

4. 자료처리 및 분석 변인

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 신체분절 지수(body segment parameter)는 Plagenhoef, Evans 와 Abdelnour(1983)의 자료를 이용하였다. 글라이딩과 달리버리 국면의 운동학적 요인은 거리요인, 속도요인, 그리고 각도요인이며, 각도요인은 릴리즈각(release angle), 상체기울기(trunk lean angle)와 어깨회전각(shoulder line rotation angle), 그리고 무릎각(knee angle)을 분석하였다.

5. 분석 국면

본 연구에서의 분석 국면은 글라이딩 시작에서 릴리즈까지로 설정하였으며, <Figure 2>와 같이 5개의 Event와 4개의 Phase로 설정하여 분석하였다(Young, 2009). 글라이딩 국면은 E1에서 E3까지이며, 달리버리는 E3에서 E5까지로, 전환국면(E3-E4)과 릴리즈 국면(E4-E5)으로 각각 구분하여 분석하였다.

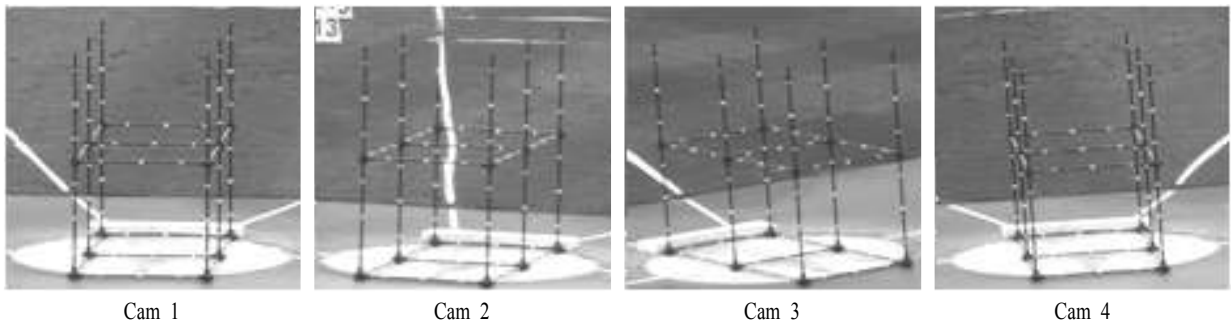
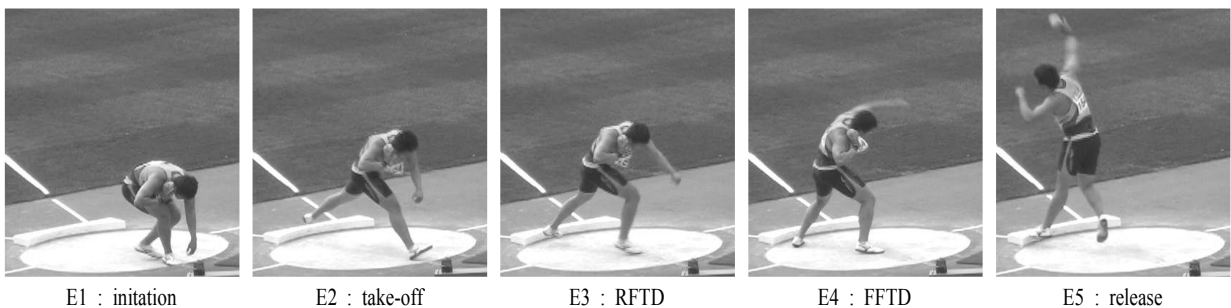


Figure 1. Setting of control object



RFTD : Rear foot touch down, FFTD : Front foot touch down Gliding phase(E1-E3)
 P1 : E1-E2(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. 글라이딩 국면

<Table 3>은 글라이딩 국면에서 운동학적 자료에 대한 시기별 평균과 편차 값을 나타낸 것이다.

준비자세에서 오른발 이지(take-off)까지 P1에서의 소요시간을 보면, 평균 0.35±0.01 sec를 보였으며, 시기 별 큰 차이는 보이지 않았지만, 6차 시기에서 0.37 sec로 다소 긴 시간을 보였고, 오른발 이지(take-off)에서 오른발 착지 순간(RFTD)까지의 P2에서의 글라이드 시간은 평균 0.13±0.01 sec로 시기별 큰 차이는 보이지 않았지만 4차와 6차 시기에서 각각 0.12 sec로 다소 짧은 시간을 보였다. 글라이딩 길이의 유형을 살펴보면, 평균 0.82±0.08 m(42.3±3.87 %)로 short-long technique를 사용하는 것으로 나타났다. 그러나 최고 기록인 2차 시기에서는 0.85 m(44.0 %)를 보였지만, 실패한 4차 시기(38.4 %)와 6차 시기(37.6 %)에 있어서는 0.73 m의 짧은 글라이드 길이를 보였고, 5차 시기에 있어서는 0.94 m(48.2 %)를 보이면서 시기별 많은 편차를 보였다.

준비자세에서 오른발 착지 순간(RFTD)까지 포환의 수직 변위를 보면, 평균 0.37±0.05 m로 최고기록인 2차, 3차, 그리고 4차 시기에서는 0.40 m의 변위를 보인 반면에 5차 시기에서는

0.27 m로 수직 변위가 작은 결과를 보였다. 글라이딩 국면에서 신체중심의 최대 수평속도를 보면, 평균 2.36±0.10 m/s를 보였고, 2차 시기가 가장 빠른 2.49 m/s를 보인 반면에 실패한 4차 시기의 경우 수평속도가 상대적으로 낮은 속도를 보였다.

글라이딩 국면에서의 각도요인을 살펴보면, 오른쪽 무릎각(RL)의 경우 이지순간(E2)에 평균 148.5±5.70 °로 크게 신전된 자세를 보였고, E3(RFTD)에서는 평균 109.0±9.41 °로 준비자세보다 신전된 자세에서 착지되는 특성을 보였다. 무릎관절의 신전(P1)과 굴곡(P2) 각속도의 최대 크기를 보면, P1에서는 평균 316.0±78.90 °/s로 3차 시기에서 가장 빠른 433.0 °/s의 속도를 보인 반면에 2차 시기는 375.2 °/s를 보였고, P2에서는 평균 -381.8±181.26 °/s로 5차 시기가 -666.4 °/s로 가장 빠른 굴곡 속도를 보인 반면, 기록이 가장 낮은 1차 시기와 4차 시기의 경우 -123.8 °/s와 -294.7 °/s 로 굴곡 속도가 작은 특성을 보였다.

상체기울기각의 변화를 보면, -값은 상체가 숙여진 전경자세를 의미하며, +값은 후경자세를 의미하는데, 준비자세에서는 평균 -70.1±2.96 °로 기록이 좋을수록 전경 자세가 큰 특성을 보였고, E2와 E3에서는 각각 평균 -51.1±3.19° 와 -43.7±4.14 °로 전경자세의 기울기가 점진적으로 작아지는 특성을 보였다. 특히 실패한 4차 시기의 경우 다른 시기보다 -37.9°로 전경자세가 작은 반면에 5차 시기의 경우는 -50.2 °로 큰 전경 자세에서 착지되는 특성을 보였다.

Table 3. Kinematic characteristics at the gliding phase

		1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	M±SD
Executive time at P1(sec)		0.35	0.33	0.35	0.33	0.35	0.37	0.35±0.01
Executive time at P2(sec)		0.13	0.13	0.13	0.12	0.13	0.12	0.13±0.01
Gliding length from take-off to RFTD(m)		0.84	0.85	0.83	0.73	0.94	0.73	0.82±0.08
Gliding length(%)		42.6	44.0	42.6	38.4	48.2	37.6	42.3±3.87
Vertical displacement of ball at gliding(m)		0.39	0.40	0.40	0.40	0.27	0.37	0.37±0.05
Vertical height of ball(m)	E1	0.87	0.85	0.87	0.84	90.0	0.89	0.89±0.06
	E2	1.18	1.17	1.15	1.16	1.21	1.18	1.18±0.02
	E3	1.26	1.25	1.27	1.24	1.27	1.26	1.26±0.01
Maximum horizontal velocity of COG(m/s)		2.43	2.49	2.26	2.24	2.40	2.32	2.36±0.10
Knee angle of RL(°)	E1	97.1	102.0	87.0	113.6	100.4	103.8	100.7±8.70
	E2	144.8	147.6	148.5	151.9	157.2	140.7	148.5±5.70
	E3	108.9	103.5	113.1	122.1	94.3	111.9	109.0±9.41
Trunk lean angle(°)	E1	-66.4	-73.1	-68.4	-67.6	-73.0	-72.0	-70.1±2.96
	E2	-53.6	-50.4	-50.1	-45.9	-55.1	-51.2	-51.1±3.19
	E3	-46.1	-43.2	-42.5	-37.9	-50.2	-42.2	-43.7±4.14
Knee maximum angular velocity of RL at P1(°/s)		307.8	375.2	433.0	235.8	314.4	229.8	316.0±78.90
Knee minimum angular velocity of RL at P2(°/s)		-123.8	-455.7	-424.78	-294.7	-664.4	-327.4	-381.8±181.26

RL : rear leg(right leg), FL : front leg(left leg)

Table 4. Kinematic characteristics of transition phase

		1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	M±SD
Executive time at P3(sec)		0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.07	0.07±0.00
Stance length from RFTD to FFTD(m)		1.13	1.08	1.12	1.17	1.01	1.21	1.12±0.07
Stance length(%)		57.4	56.0	57.4	61.6	51.8	62.4	57.7±3.87
Vertical height of ball(m)	E3	1.26	1.25	1.27	1.24	1.27	1.26	1.26±0.01
	E4	1.26	1.26	1.29	1.25	1.28	1.28	1.27±0.02
Maximum horizontal velocity of COG(m/s)		1.93	2.06	2.27	1.93	2.28	2.09	2.09±0.16
Knee angle of RL(°)	E3	108.9	103.5	113.1	122.1	94.3	111.9	109.0±9.41
	E4	109.5	104.3	112.3	116.7	101.2	112.1	109.4±5.70
Trunk lean angle(°)	E3	-46.1	-43.2	-42.5	-37.9	-50.2	-42.2	-43.7±4.14
	E4	-42.5	-37.1	-35.2	-33.3	-44.3	-35.1	-37.9±4.45
Shoulder line rotation(°)	E3	5.4	7.1	13.4	-0.6	3.8	13.4	7.1±5.52
	E4	19.0	19.9	26.4	8.2	16.2	29.0	19.8±7.43

RL : rear leg(right leg)

2. 전환 국면

<Table 4>는 달리버리의 전환 국면에 대한 운동학적 특성을 나타낸 것이다. 전환 국면의 운동학적 특성을 살펴보면, 착지 소요시간이 평균 0.07±0.00 sec로 시기 별 유사한 시간을 가지고 착지하는 특성을 보였다.

전환 국면에서의 스탠스 길이를 보면 평균 1.12±0.07 m(57.7±3.87 %)로 short-long technique를 사용하는 것으로 나타났지만, 기록이 가장 좋은 2차 시기의 경우 1.08 m(56.0 %)를 보인 것과 달리 6차 시기의 경우는 1.21 m(62.4 %)를 보였고, 실패한 4차 시기에 있어서도 1.17 m(61.6 %)로 다소 긴 스탠스 길이를 보였다. 반면 2차 시기 기록과 큰 차이를 보이지 않는 5차 시기에 있어서는 1.01 m(51.8 %)로 가장 짧은 스탠스 길이를 보이면서 시기별 많은 차이를 보였다.

신체중심의 최대 수평속도를 보면, 평균 2.09±0.16 m/s로 글라이딩 국면의 평균 2.36±0.10 m/s보다 다소 감속된 특성을 보였고, 1차 시기의 경우 감속도가 가장 큰 0.50 m/s를 보였고, 2차 시기의 경우는 0.43 m/s의 감속도를 보인 반면에 3차 시기에 있어서는 2.26 m/s에서 오히려 수평속도가 증가된 2.27 m/s를 보임에 따라 다소 상반된 결과를 보였다. 포환의 수직높이 변화를 보면, 오른발 착지(E3, RFTD)에서 평균 1.26±0.01 m를 보인 것과 달리 왼발 착지(E4, FFTD)에서는 평균 1.27±0.02 m로 크게 증가된 특성을 보이지 않고 착지동작이 이루어지는 특성을 보였다.

각도요인에 대한 특성을 살펴보면, 왼발 착지(E4)에서 오른쪽 무릎각(RL)의 경우 평균 109.4±5.70 °로 오른발 착지순간(E3)과 유사하게 신전된 자세각을 보였다. 그러나 1차, 2차, 3차 그리고

6차 시기의 경우 오른발 착지순간(E3)과 유사한 자세각을 보인 반면에 4차 시기의 경우는 오른발 착지순간보다 무릎이 굴곡된 자세에서 왼발이 착지되는 특성을 보였고, 5차 시기의 경우 다소 크게 신전된 자세에서 착지동작이 이루어지는 특성을 보였다. 상체기울기의 특성을 보면, 왼발 착지(E4)에서 평균 -37.9±4.45 °로 오른발 착지(E3)보다 작은 전경자세를 보였는데, 1차와 5차 시기가 각각 -42.5 °와 44.3 °로 전경자세가 다소 큰 반면에 실패한 4차 시기의 경우는 -33.3 °로 다른 시기보다 작은 전경자세에서 착지되는 특성을 보였다.

어깨회전각을 보면, 오른발 착지(E3)는 평균 7.1±5.52 °, 왼발 착지(E4)에서는 평균 19.8±7.43 °로 E3보다 내측회전의 움직임이 크게 나타났는데, 최고 기록인 2차 시기에서는 19.9 °, 5차 시기는 16.2 ° 내측회전 자세를 보였고, 3차 시기와 6차 시기는 각각 26.4 °와 29.0 °로 다소 크게 회전된 자세를 보였다. 반면 실패한 4차 시기에 있어서는 8.2 °로 내측회전의 움직임 다소 작은 상태에서 착지동작이 이루어지는 특성을 보였다.

3. 릴리즈 국면

<Table 5>는 달리버리의 릴리즈 국면에 대한 운동학적 특성을 나타낸 것이다. 표에 제시된 운동학적 특성 중 시간요인을 살펴보면, P4에서의 소요시간은 평균 0.29±0.01 sec로 5차 시기가 0.27 sec로 가장 짧은 시간을 보인 반면에 1차와 4차 시기의 경우 0.30 sec의 릴리즈 시간을 보였다. 신체중심의 수직위치를 변화를 보면, 왼발 착지(FFTD, E4)에 있어서는 평균 0.94±0.05 m를 보였고, 릴리즈 순간(E5)에 있어서는 평균 1.19±0.03 m로 약 0.25 m의 수직변위가 증가된 특성을 보였지만, 시기별 많은

Table 5. Kinematic characteristics of release phase

		1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	M±SD
Executive time at P4(sec)		0.30	0.28	0.28	0.30	0.27	0.28	0.29±0.01
Vertical position of COG(m)	E4	0.95	0.94	0.94	0.94	1.00	0.84	0.94±0.05
	E5	1.23	1.21	1.18	1.18	1.19	1.13	1.19±0.03
Vertical displacement of COG(m)		0.28	0.27	0.24	0.24	0.19	0.29	0.25±0.04
Vertical height of ball(m)	E4	1.26	1.26	1.29	1.25	1.28	1.28	1.27±0.02
	E5	2.30	2.28	2.25	2.20	1.97	2.27	2.21±0.12
Vertical displacement of ball(m)		1.04	1.02	0.96	0.95	0.69	0.99	0.94±0.13
Maximum horizontal velocity of COG(m/s)		2.01	2.41	2.32	2.17	2.19	2.30	2.23±0.14
Horizontal velocity of ball(m/s)		8.12	8.93	9.23	9.07	9.61	8.95	8.99±0.49
Vertical velocity of ball(m/s)		7.33	7.04	6.91	6.51	6.12	7.07	6.83±0.44
Resultant velocity of ball(m/s)		11.00	11.39	11.55	11.20	11.39	11.43	11.33±0.20
Trunk lean angle(°)	E4	-42.5	-37.1	-35.2	-33.3	-44.3	-35.1	-37.9±4.45
	E5	10.7	8.2	6.3	7.3	4.9	10.7	8.0±2.35
Shoulder line rotation(°)	E4	19.0	19.9	26.4	8.2	16.2	29.0	19.8±7.43
	E5	204.2	209.0	214.8	213.0	209.1	214.1	210.7±4.03
Maximum angular velocity of elbow(°/s)		1057.7	1131.4	1079.4	942.7	1124.5	1073.4	1068.2±68.08
Maximum angular velocity of shoulder rotation(°/s)		1139.7	1167.5	1223.1	1331.7	1297.2	1105.7	1210.8±89.68
Projection angle of release(°)		42.1	38.3	36.8	35.7	32.5	38.3	37.3±3.18

RL : rear leg(right leg), FL : front leg(left leg)

차이를 보였다. 특히 6차 시기의 경우 가장 큰 0.29 m의 수직변위를 보인 반면에 5차 시기의 경우는 0.19 m로 수직변위가 작은 특성을 보였다.

포환의 수직위치를 보면, 왼발 착지(FFTD, E4)에 있어서는 평균 1.27±0.02 m를 보였지만, 릴리즈 순간(E5)에 있어서는 평균 2.21±0.12 m로 평균 0.94±0.13 m의 딜리버리 구간을 보였다. 시기 별 특성에 있어서 낮은 기록을 보인 1차 시기의 경우 2.30 m 투사되는 특성을 보였고, 딜리버리 구간도 1.04 m로 가장 긴 특성을 보였다. 기록이 가장 좋은 2차 시기의 경우 투사높이가 2.28 m에 딜리버리 구간이 1.02 m를 보였고, 2차 시기보다 기록이 낮은 5차 시기의 경우 1.97 m로 가장 낮은 투사점에 딜리버리 구간도 0.69 m로 상대적으로 작은 구간에서 릴리즈 동작이 이루어지는 상반된 결과를 보였다.

속도성분의 특성을 살펴보면, 신체중심의 최대 수평속도는 평균 2.23±0.14 m/s로 전환국면에서 보인 평균 2.09±0.16 m/s보다 큰 속도에서 릴리즈 동작이 이루어지는 특성을 보였다. 시기 별 특성을 보면 2차 시기의 경우 전환국면에서 2.06 m/s를 보였지만, 릴리즈 국면에서는 2.41 m/s로 크게 가속된 특성을 보인 반면에 5차 시기는 전환국면에서 2.28 m/s를 보인 것과 달리 릴리즈 국면에서는 2.19 m/s로 오히려 감속도가 이루어진 상태에서 릴리즈 동작이 이루어지는 특성을 보였다. 릴리즈 순간 포환의 수평속도를 살펴보면, 평균 8.99±0.49 m/s로 5차 시기가 가장 큰 9.61 m/s를 보였고, 기록이 가장 좋은 2차 시기의 경우 8.93 m/s를 보인 반면에 기록이 가장 낮은 1차 시기는 8.12 m/s

에서 릴리즈가 이루어지는 특성을 보였다. 수직속도에 있어서는 평균 6.83±0.44 m/s로 기록이 낮은 1차 시기가 7.33 m/s로 가장 큰 속도를 보인 반면에 6차 시기는 7.07 m/s에서 릴리즈가 이루어지는 특성을 보이면서 1차 시기는 수평속도보다 수직속도가 큰 특성을 보였고, 5차 시기는 큰 수평속도와 달리 수직속도가 작은 결과를 보였다. 그에 따른 합성속도를 보면 3차 시기가 가장 큰 11.55 m/s를 보였고, 기록이 가장 좋은 2차와 5차 시기는 11.39 m/s의 속도에서 릴리즈가 이루어지는 특성을 보였다.

각도요인에 대한 특성을 살펴보면, 상체기울기각의 특성을 보면, 릴리즈 순간에 있어서는 평균 8.0±2.35 °의 후경자세에서 릴리즈가 이루어지는 특성을 보였고, 기록이 가장 좋은 2차 시기가 8.2 °, 5차 시기는 4.9 °를 보인 반면에 1차 시기는 10.7 °, 실패한 4차 시기는 7.3 °로 시기 별 큰 차이 없이 10 ° 내에서 릴리즈가 이루어지는 특성을 보였다. 어깨회전각을 보면, 릴리즈 순간 평균 210.7±4.03 °로 평균 19.8±7.43 °를 보인 왼발 착지(E4)보다 내측회전의 움직임이 큰 특성을 보였고, 시기별 특성을 보면 실패한 4차 시기는 213.0 °, 기록이 낮은 1차 시기는 204.2 °를 보인 반면에 기록이 좋은 2차 시기와 5차 시기의 경우 209.0 °와 209.1 °로 내측회전된 자세에서 릴리즈가 이루어지는 특성을 보였다. 기록에 직접적인 영향을 주는 투사각을 보면 평균 37.3±3.18 °로 기록이 낮은 1차 시기가 42.1 °로 가장 큰 각을 보인 반면에 2차 시기와 6차 시기는 38.3 °, 그리고 5차 시기는 32.5 °로 시기별 많은 차이를 보였다.

릴리즈 국면에서의 관절과 분절의 최대 각속도를 보면, 팔꿈

치관절의 경우 평균 1068.2 ± 68.08 %의 신전 속도를 보였는데, 기록이 좋은 2차 시기의 경우 1131.4 %, 5차 시기는 1124.5 %의 빠른 신전 속도를 보인 반면에 실패한 4차 시기에 있어서는 942.7 %, 기록이 낮은 1차 시기에 있어서는 1057.7 %로 기록이 낮을수록 신전 속도가 낮은 특성을 보였다. 어깨회전속도에 있어서는 시기별 많은 편차로 평균 1210.8 ± 89.68 %를 보이면서 실패한 4차 시기가 1331.7 %로 가장 빠른 회전속도를 보인 반면 기록이 가장 좋은 2차 시기의 경우 1167.5 %로 상대적으로 낮은 회전속도를 보였다.

IV. 논 의

2011년 92회 전국체전 남자 고등부 포환던지기(6.0 kg) 결승에서 이형근 선수는 16.99 m의 기록으로 랭크 1위의 결과를 보였지만, 고등부기록에서 16.99 m의 기록은 2007년 18.38 m로 부별 신기록 이후 2009년(17.77 m), 2010년(17.33 m) 이래 부별 전체 랭크 9위로 해마다 경기력이 저하되는 특성을 보이고 있다. 경기력 저하는 낮은 선수층에 의한 결과로서 볼 수 있지만, 새로운 선수의 발굴은 경기력 향상을 위해 중요한 과제라 할 수 있다.

지난 2011년 주니어 세계 기록을 살펴보면, 제이코 길(Jacko Gill)은 22.31 m로 랭크 1위 기록을 나타내고 있고, 2위는 크리스토프 브로조위스키(Krzysztof Brzozowski, Poland)가 20.92 m, 그리고 3위 중국의 멥리(Meng Li) 선수는 20.63 m로 국내 선수와는 많은 차이를 보여주고 있다. 그러나 이형근 선수의 경우 고등학교 때부터 포환선수로 전환 후, 92회 전국체전과 전국대회에서 랭크 1위에 올라 포환 선수로서의 자질을 보여주고 있다. 특히 이형근 선수의 경우 신장이 1.92 m, 체중은 110 kg으로 세계 우수 선수들과 신장과 체중의 체격적인 면에서 유사한 조건을 가지고 있어 기술적인 면과 체력적인 면에서의 훈련, 그리고 정량적 분석을 통한 피드백은 우수한 엘리트 선수로 양성하는데 크게 기여할 것으로 사료되기 때문에, 이 연구는 고등부 1위인 이형근 선수를 대상으로 글라이딩 국면과 달리버리 국면에서의 운동학적 요인을 분석하여 세계 엘리트 선수들을 분석한 선행연구와의 비교, 분석을 통해 경기력 향상을 위한 효율적 기술훈련에 대한 방향을 제시하는데 있다.

글라이딩 동작은 신체의 수평속도를 순간적으로 가속시켜 신체의 운동량을 증가시키는 동작(Lee, 2002; Alexander et al., 1996; Turk, 1997)으로서 글라이딩 시간은 최대한 짧게 하면서 신체의 최대 수평 가속도를 낼 수 있도록 글라이딩 거리를 유지하는 것이 바람직한 것으로 보고(Oh, 2001; Bosen, 1985)하고 있다. 이 연구에 나타난 글라이드 시간은 평균 0.13 ± 0.01 sec로 시기별 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났는데, 이는 18.66

m의 한국 신기록을 낸 황인성 선수를 분석한 Ryu et al.(2011)의 연구와 유사한 글라이딩 시간을 보였다.

특히 글라이딩 길이와 관련된 기술 유형을 보면, 짧은 글라이딩 길이와 긴 스탠스 길이의 short-long technique과 긴 글라이딩 길이와 짧은 스탠스 길이의 long-short technique로 구분되는데, Hay(1993)에 의하면 신장이 긴 선수들에 있어서는 short-long technique이 유리하지만, 신장이 작은 선수들에 있어서는 long-short technique이 유리하게 작용한다. 특히 근력과 파워를 가지고 있는 선수들에게는 short-long technique이 유리한 기술이고, 체력이 다소 약한 선수들에 있어서는 long-short technique이 유리한 기술이지만 글라이딩 동작은 개인 특성에 맞는 기술을 사용하는 것이 최적의 기술로 보고하고 있다(Alexander et al., 1996; Turk, 1997; Bartonietz & Borgstöm, 1995; Hay, 1993; Bartonietz & Felder, 1993; Dunn, 1989).

이 연구에 나타난 글라이딩과 스탠스 길이를 보면, 글라이딩이 평균 0.82 ± 0.08 m, 스탠스는 평균 1.12 ± 0.07 m로 짧은 글라이딩 길이와 긴 스탠스 길이의 short-long technique로 나타났지만, 가장 기록이 좋은 2차 시기(16.99 m)의 경우 0.85 m와 1.08 m, 기록이 16.91 m인 5차 시기의 경우 0.94 m와 1.01 m, 그리고 16.89 m인 6차 시기의 경우 0.73 m와 1.21 m를 보여 글라이딩과 스탠스 길이의 일관성이 다소 낮은 동작을 보였다. Ryu et al.(2011)에 의하면, 2010년 황인성 선수가 세운 18.86 m의 한국 기록과 시기 별 글라이드 동작을 분석한 결과, 글라이딩 길이가 평균 0.77 m, 스탠스 길이가 평균 1.19 m로 짧은 글라이딩 길이와 스탠스 길이가 긴 short-long technique를 보인 것과 비교할 때, 신장이 유사한 이형근 선수의 경우 선행연구보다 긴 글라이딩과 짧은 스탠스를 보였다.

Bartonietz(1994)에 의하면, 엘리트 선수들의 경우 글라이딩과 스탠스 길이의 비율이 $44:56$ %로 스탠스 길이가 넓은 short-long technique로 보고하였는데, 이 연구에 나타난 결과에 의하면, 글라이드 비율이 평균 42.3 ± 3.87 %로 선행연구보다 낮은 비율을 보였으며, 스탠스 길이에 있어서는 평균 57.7 ± 3.87 %로 선행연구보다 다소 높은 비율을 보였다. 그러나 2차 시기에 있어서는 글라이딩 길이가 44.0 %, 스탠스는 56 %를 보임에 따라 Bartonietz(1994)의 연구와 유사한 비율을 보여 2차 시기의 글라이딩과 스탠스 길이가 적절한 것으로 나타났지만, 체력적인 면을 고려한 글라이딩과 스탠스 길이를 정해야 하는 것으로 생각된다.

특히 글라이딩 국면에서 얻은 신체의 운동량을 릴리즈 국면까지 연결시키기 위해서는 전환 국면에서의 감속도를 작게 하는 것이 효율적인 동작(Schmolinsky, 2000; Stepanek, 1990)이라 할 수 있지만, 이 연구에 나타난 수평속도를 보면, 글라이드 국면에서는 평균 2.36 ± 0.10 m/s, 전환 국면에서는 2.09 ± 0.16 m/s, 그리고 릴리즈 국면에 있어서는 평균 2.23 ± 0.14 m/s로 전환 국면과 릴리즈 국면에서의 감속도를 보였지만, 기록이 좋은 2차

시기의 경우 글라이딩 국면과 릴리즈 국면에서 2.49 m/s와 2.41 m/s로 다른 시기보다 빠른 이동속도를 보였다. 황인성 선수를 분석한 Ryu et al.(2011)의 연구에 의하면 각 국면의 최대 속도에서 각각 2.65 m/s, 2.28 m/s 그리고 2.27 m/s를 보인 것과 비교할 때, 이형근 선수가 글라이딩과 전환 국면에서 이동속도가 다소 느린 특성을 보였지만, 릴리즈 국면에 있어서는 오히려 빠른 속도에서 릴리즈 동작이 이루어지는 특성을 보였다.

그에 따른 성분 별 투사속도를 살펴보면, 투사속도는 투사높이와 투사각도와 함께 경기력에 가장 중요한 요인으로 작용(Ariel et al., 2004; Hubbard et al., 2001; Luthanen, 1998; Maheras, 1995; Hay, 1993)하는데, 이 연구에 나타난 결과를 의하면, 수평속도가 평균 8.99 ± 0.49 m/s, 수직속도는 평균 6.83 ± 0.44 m/s, 그리고 합성속도는 평균 11.33 ± 0.20 m/s에서 릴리즈가 이루어지는 특성을 보였다. 수평속도에 있어서는 5차 시기가 가장 큰 9.61 m/s의 속도를 보인 반면에 기록이 가장 좋은 2차 시기의 경우 8.93 m/s를 보였고, 수직속도에 있어서는 기록이 낮은 1차 시기가 7.33 m/s로 가장 큰 속도를 보인 반면에 6차 시기는 7.07 m/s에서 릴리즈가 이루어지는 특성을 보이면서 1차 시기는 수평속도보다 수직속도가 큰 특성을 보였고, 5차 시기는 큰 수평속도와 달리 수직속도가 작은 결과를 보였다.

Ariel et al.(2004), Luthanen(1998), Tsirakos et al.(1995)에 의하면, 기록이 21 m에서는 13.5 m/s 이상의 투사속도가 필요하고, 19 m 기록은 13 m/s 이상의 속도가 필요하고, 2009 베를린 세계육상대회(2009, IAAF) 남자선수들에 있어서 21 m 이상은 14 m/s, 20 m 이상은 13.5 m/s 이상의 속도를 보인 것과 달리 국내 선수를 분석(Ryu et al., 2011)한 연구에서 18.86 m은 13.28 m/s, Park(2011)의 연구에서 17.42 m의 기록은 12.21 m/s를 보인 것과 비교할 때 국내선수들의 투사속도가 작은 결과를 보이고 있으며, 16.99 m 기록인 고등부 이형근 선수의 경우 11.39 m/s를 보여 세계 엘리트 선수들과 많은 차이를 보이고 있다. 이처럼 투사속도가 낮은 것은 전환 국면에서의 빠른 착지 동작과 더불어 신체중심의 감속을 최소화하고, 덜리버리 동작으로 에너지를 전달시켜야 하지만, 비우수선수들의 경우는 전환 국면 동안 1-2.75 m/s의 감속(Lanka, 2000; Tsirakos et al., 1995; Lindsay, 1994; Stepanek, 1990; Bosen, 1985)을 보이는데, 포환의 속도변화를 나타낸 <Figure 3>에 의하면, 글라이딩 국면에서의 최대 속도가 낮고, 전환국면에서의 감속도가 크게 나타남에 따라 글라이딩 국면에서 신체중심의 빠른 수평 이동과 전환 국면에서의 빠른 착지동작이 이루어져야 하는 것으로 나타나 신장보다 강한 근력과 파워 향상에 필요한 체력적 요인이 중요한 요인으로 볼 수 있다.

특히 이형근 선수의 경우 글라이딩 유형이 shorter-long technique으로 볼 수 있지만, shorter-long technique은 오른쪽 다리의 강한 근력을 이용하는 기술로 스탠스 길이(1.0-1.2 m)가 길어 오른쪽

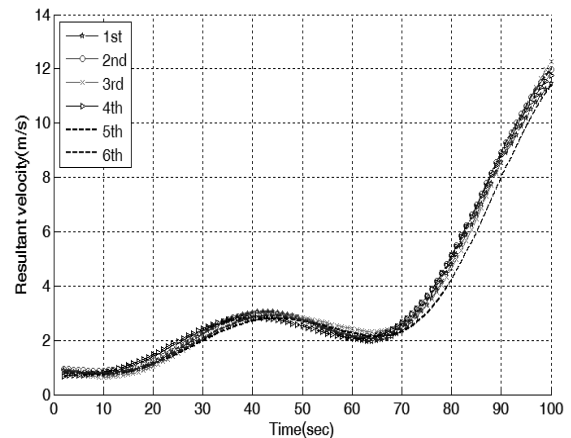


Figure 3. Change of resultant velocity

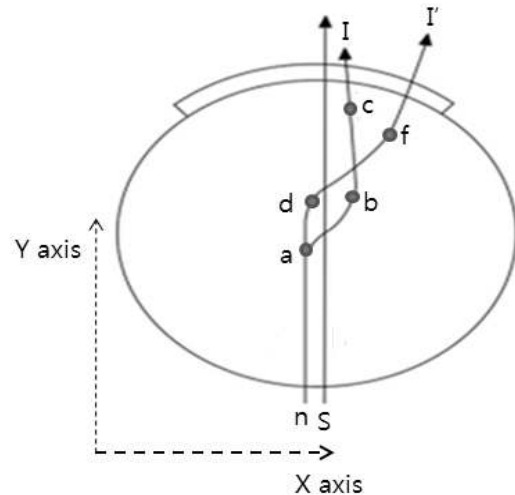


Figure 4. Shot trajectories type in X-Y plane(Young, 2009)

다리에 의해 큰 힘을 발휘하지만, 릴리즈 국면에서 포환 이동 궤적이 벗어남에 따라 운동량 전이가 작아져 릴리즈 순간 투사속도가 줄어들 수 있는 것으로 보고(Lanka, 2000)하였는데, 이형근 선수의 경우 글라이딩 국면의 P2에서 무릎관절의 최대 신전각속도가 시기 별 많은 차이를 보였기 때문에 글라이딩을 통한 수평속도를 얻지 못한 것으로 보였고, 스탠스 길이 또한 선행 연구와 같은 평균 1.12 m를 보임에 따라 상대적으로 강한 근력을 발휘하지 못하여 투사속도가 작은 것으로 보여 진다.

뿐만 아니라 긴 스탠스 길이는 릴리즈 국면에서 포환의 이동 궤적이 벗어나기 때문에 운동량 전이가 작아짐으로서 릴리즈 순간 투사속도가 작아지는 것으로 보고되었는데, <Figure 4>는 X-Y축 수평면에서 우수 선수와 비우수 선수들의 볼의 이동 궤적을 나타낸 것(Young, 2009)으로, 우수선수(n-a-b-c-I)들은 S-모양의 궤적 형태이지만, 비우수(n-a-d-f-I)선수들은 이동 궤적이 중심에서 우측방향으로 벗어나는 경로를 보이고 있다. 이와 달리 초보 선수(S)들에 있어서는 덜리버리 동안 직선 이동 궤적으로

어깨가 왼쪽으로 지나치게 기울어진 자세에서 동작을 수행하는 특성을 보이고 있다(Zatsiorsky, 2000; Young, 2009; Lindsay, 1994; Knudson, 1989).

즉 우수 선수(n-a-b-c-I)들은 포환이 목(neck) 옆 부분에 위치하고, 포환이 APSS(Athlete-plus-shot-system)의 수직 중심축에 놓여져 있지 않기 때문에 멀리버리 초기에 어깨가 회전함에 따라 직선으로부터 벗어나고, 릴리즈의 최고점에 달해서는 직선에 근접하는 S-모양의 궤적형태를 보인다.

이와 같은 현상은 긴 스탠스 길이뿐만 아니라 릴리즈 국면에서 몸통의 회전속도와 팔의 신전력에 의해 결정되는데, 잘못된 몸통 회전은 포환의 이동궤적을 중심축에서 벗어나게 하는 것으로 보고하고 있다.

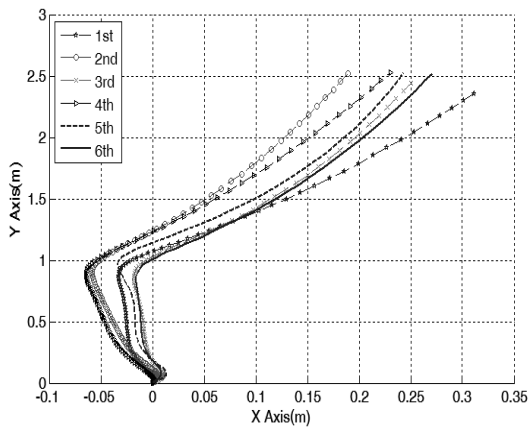


Figure 5. Shot trajectories in the X-Y plane

이 연구에 나타난 <Figure 5>의 결과에 의하면, <Figure 4>와 같이 직선형태의 글라이딩 유형을 보이지 않고, 큰 차이는 아니지만 왼쪽 방향을 이동되는 특성을 보였고, 멀리버리에 있어서는 우측으로 벗어나는 비우수 선수(n-a-d-f-I)들의 이동궤적과 유사한 형태를 보이고 있다. 특히 기록이 가장 좋은 2차 시기의 경우 다소 중심축에 놓여져 있지만, 기록이 낮을수록 우측 방향으로 벗어나는 특성을 보이고 있다. 따라서 중심축으로부터 포환까지의 회전반경이 작고, 직선 궤적으로부터 포환이 멀어지기 때문에 릴리즈 순간의 투사속도를 얻지 못하는 것으로 볼 수 있다(Ryu et al, 2011; Park, 2011).

몸통 회전과 팔의 신전력 또한 포환의 이동궤적에 영향을 주는 요인으로 작용(Zatsiorsky, 2000; Young, 2009; Bartonietz & Felder, 1993; McCoy et al., 1989)하는데, 몸통회전과 관련된 어깨회전각을 보면 왼발 착지(E4)에서 평균 19.8±7.43 °의 내측회전을 보였지만, 실패한 4차 시기의 경우 26.4 °로 내측회전의 움직임이 큰 특성을 보였고, 릴리즈 순간에 있어서는 평균 210.7±4.03 °로 내측회전의 움직임이 큰 특성을 보였다. 그러나 실패한 4차 시기는 213.0 °, 기록이 낮은 1차 시기는 204.2 °를 보인 반면에

기록이 좋은 2차 시기와 5차 시기의 경우 209.0 °와 209.1 °로 큰 차이는 아니지만, 기록이 낮을수록 209 ° 보다 크거나 작은 회전각을 보였는데, 어깨회전 각속도에 있어서 회전속도가 빠를수록 오히려 기록이 낮은 결과를 보임에 따라 회전각과 회전속도가 투사속도에 다소의 영향을 보였다. 이와 달리 팔의 신전력과 관련해 팔꿈치 관절의 최대 신전 각속도를 보면, 기록이 가장 좋은 2차 시기의 경우 1131.4 %/s를 보였고, 5차 시기에 있어서는 1124.5 %/s를 보임에 따라 기록이 좋을수록 신전 속도가 큰 특성을 보였고, 실패한 4차 시기의 경우 942.7 %/s, 1차 시기는 1057.7 %/s를 보여 기록이 낮을수록 신전 속도가 낮은 특성을 보였다.

기록에 직접적으로 영향을 주는 요인 중 투사 높이와 관련된 특성을 살펴보면, 투사높이는 신장과 상지장의 길이가 기록에 크게 기여하는 것으로 보고하고 있다(Alexander et al., 1996; Hay, 1993; Pyka et al., 1991). 2011 대구육상선수권대회 (2011, KSSB)에 의하면 결승에 참가한 선수들의 경우 평균 2.10 m, 2007 오사카세계육상선수권대회(Byun et al., 2008)에서는 2.10 m 이상인 선수들의 경우 2.30 m에서 릴리즈 동작이 이루어지는 특성을 보였는데, 국내선수들에 있어서 황인성 선수를 분석한 Ryu et al.(2011)의 연구에서 평균 2.24 m, Park(2011)의 연구에서는 평균 2.13 m로 클라이드 기술을 사용하는 세계 엘리트보다 낮은 위치에서 릴리즈가 이루어지는 특성을 보였고, 이 연구에는 평균 2.21±0.12 m로 기록이 낮은 1차 시기의 경우 2.30 m로 가장 높은 위치를 보인 반면에 기록이 가장 좋은 2차 시기의 경우 2.28 m, 그리고 5차 시기의 경우 1.97 m로 시기 별 많은 차이를 보이면서 일관성이 다소 낮은 위치에서 릴리즈가 이루어지는 특성을 보였다(Figure 6).

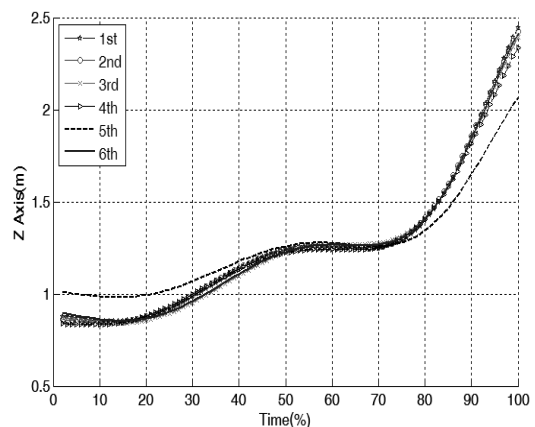


Figure 6. Shot trajectories in the X-Y plane.

이러한 특성은 투사각에서 볼 수 있듯이, Ariel et al.(2004), Tsirakos et al.(1995), Bartonietz & Felder(1993), McCoy et al.(1989)에 의하면, 19-23 m의 기록은 약 37 °를 보였고, 2009 베를린세계육상대회(2009, IAAF)에서는 평균 36.9 °, 지난 2011

대구세계육상선수권대회 결승에 참가한 선수들의 경우 평균 34.6°, 특히 글라이드 기술을 사용하여 우승한 데이비드 스톨 (David Storl, 21.78 m)이 37.2°, 3위인 안드레이 미크니비키 (Andrei Mikhneviki, 21.40 m)는 35.7°에서 릴리즈가 이루어지는 특성을 보인 것과 달리 Ryu et al.(2011)의 연구에서 평균 32.7°를 보여 선행연구보다 낮은 투사각을 보였다.

이 연구에 나타난 결과에 의하면 평균 37.3±3.18°를 보였지만, 기록이 낮은 1차 시기가 42.1°로 가장 큰 각을 보인 반면에 2차 시기와 6차 시기는 38.3°, 그리고 5차 시기는 32.5°로 시기 별 많은 차이를 보였다. 이는 수평속도와 수직속도에 있어서는 1차 시기는 수평속도보다 수직속도가 큰 특성을 보임에 따라 투사각도와 투사점이 높은 위치를 보인 반면에 5차 시기는 수평속도에 비해 수직속도가 작은 결과를 보여 낮은 투사각과 투사점이 낮은 것으로 나타났다. 이러한 결과를 보이는 것은 앞서 제시하였듯이, 잘못된 몸통 회전으로 인해 포환의 이동궤적이 중심축에서 벗어나 운동량 전이가 작아짐으로서 릴리즈 순간 투사속도가 작을뿐더러 몸통과 팔의 근력 그리고 무릎 관절의 신전근 약화에 따라 포환의 이동궤적이 중심축에서 벗어났기 때문에 투사높이가 투사각의 일관성이 낮은 것으로 생각된다.

이 연구를 통해 이형근 선수는 short-long technique이 적합한 글라이드 기술로 나타났지만, 분석된 포환의 이동궤적에 의하면 포환의 궤적이 APSS(athletic-plus-shot system)의 중심 축(central axis)을 벗어나는 동작을 보임에 따라 투사속도와 투사각, 그리고 투사높이에 있어서 시기 별 많은 차이를 보여 동작의 일관성이 낮은 결과를 보였다. 이는 짧은 운동경력에 의한 결과라 보여 질 수 있지만, 경기력 향상을 위해서는 딜리버리 동작에서 몸통의 회전운동과 지면을 미는 하지와 팔을 뻗는 상지의 강한 근과위 향상을 위한 트레이닝이 요구된다. 또한 스탠스 길이가 선행연구와 같은 평균 1.12 m를 보임에 따라 상대적으로 강한 근력을 발휘하지 못하기 때문에 중심 축(central axis)을 벗어나는 특성을 보여 무릎 신전근을 강화시킬 수 있는 트레이닝이 요구된다(Ryu et al., 2011; Zatsiorsky, 2000; Young, 2009, Lanka, 2000; Bartonietz & Borgstöm, 1995; Maltseva, 1990).

V. 결 론

이 연구는 고등학교 때부터 포환선수로 전환 후 3년 만에 제 92회 전국체전과 전국대회에서 랭크 1위를 기록한 고등부 이형근 선수의 글라이딩과 딜리버리 동작에 대한 운동학적 특성을 분석하여, 세계 엘리트 선수들을 분석한 선행연구와의 비교, 분석을 통해 엘리트 선수로 양성 될 수 있도록 경기력 향상을 위

한 기술훈련 방향을 제시하는데 있다. 이형근 선수의 3차원 영상분석을 위해 4대의 비디오 카메라를 이용해 2011년 제92회 전국체전 경기에 출전한 영상을 촬영하였으며, Kwon3D 3.1 프로그램을 이용하여 각 관절 점의 위치좌표와 운동학적 자료를 산출하였으며, 어깨회전각과 투사각에 대한 자료산출은 Matlab R2009a를 사용하여 계산하였고, 다음과 같은 결론을 얻었다.

글라이딩 길이와 스탠스 길이의 비율이 평균 42.3±3.87% and 57.7±3.87%로 글라이딩 유형은 short-long technique로 나타났지만, 세계 엘리트 선수들의 S 모형과 달리 포환의 궤적이 APSS(athletic-plus-shot system)의 중심 축(central axis)을 벗어나는 동작을 보임에 따라 투사속도와 투사각, 그리고 투사높이에 있어서 시기 별 많은 차이를 보여 동작의 일관성이 낮은 결과를 보였다. 특히 글라이딩 국면의 최대 수평속도를 전환 국면과 릴리즈 국면으로 유지시키지 못하고 큰 감속도를 보임에 따라 신체 운동량을 작게 하는 것으로 나타났고, 각도요인에 있어서도 시기 별 많은 편차를 보임에 따라 경기력 향상을 위해서는 글라이딩 국면에서 하지의 강한 근력, 딜리버리 동작에서는 몸통의 회전운동과 지면을 미는 하지와 팔을 뻗는 상지의 강한 근과위 향상을 위한 트레이닝이 요구되는 것으로 나타났다.

참고문헌

- 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/shoffinal.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.
- Bosen, K. O.(1985). A comparative study between the conventional and rotational techniques of shot put. *Track & Field Quarterly Review*, 85(1), 7-11.

- 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*, 53-165, Champaign, IL: Leisure Press.
- Hay, J. G.(1993). *The Biomechanics of Sports Techniques(4thEd.)*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Hubbard, M.(1988). *The throwing events in track and field*. In C.L Vaughan(Ed.), *The Biomechanics of Sport*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- 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 Federation(IAAF). (2009). *Scientific research project biomechanical analyses at the Berlin 2009*. Final Report(Throwing Events).
- Jeong, B. Y.(2004). Kinematic analysis of the shot putting Motion. *The Korean Journal of School Physical Education*, 9(2), 273-284.
- 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. E.(1993). *An experimental research on the step of glide in the short-put of the records*. Unpublished manuscript, Korea National University of Education, Korea.
- Knudson, L. E.(1989). A biomechanical analysis of power vs. speed techniques in shot putting. *Athletics Science Journal*, 1(4), 1-20.
- Korea Associational of Athletics Federations(KAAF). (1987), *Athletics Game*, Spring issue.
- Korean Society of Sport Biomechanics(KSSB). (2011), *Biomechanics research project report in the IAAF World Championships Daegu 2011*.
- 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*, 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., & Vanttinen, 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. *XVIIth Symposium of the International Society of Biomechanics in Sports*, Kostanz, 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.(1992a). *Biomechanical Analysis of Ramona Pagel at the 1992 Mt. SAC Relays*(Unpublished technical report). Williamsburg, VA: The College of William and Mary.
- McCoy, R. W.(1992b). *Biomechanical analysis of ramona pagel at the 1992 United States Olympic Trials*(Unpublished technical report). Williamsburg, VA: The College of William and Mary.
- McCoy, R. W., Koprowski, K., & Ogren, V.(1989). *Kinematic analysis of the women's shot put*(Unpublished technical report). Williamsburg, VA: The College of William and Mary.
- Oh, J. W.(2001). Kinematic analysis of the body segment for the shot putting motion. *Journal of Sport and Leisure Studies*, 15, 567-580.
- Park, J. M.(2011). Kinematic analysis of instructional clues gliding skill and delivery motion in shot-put as a distance challenge activity. *The Korean Society for the Study of Physical Education*, 16(3), 179-195.
- 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), 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 Journal of Sport Biomechanics*, 21(2), 161-171.
- Schmolinsky, G.(2000). *The shot put*. In G. Schmolinsky(Ed.), Track & Field. Toronto: Sports Book Publisher.
- Stepanek, J.(1990). *Findings of the IAAF biomechanical research concerning shot put*. In G-P Bruggerman & J. K. Ruhl (Eds.), Techniques in Athletics. 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.
- Winter, D. A.(1990). *Biomechanics and motor control of human movement*. New York: Wiley Inter-science.
- 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: Performance enhancement and injury prevention*. London: Blackwell Science.