



## 투구시 속구와 멀리던지기 동작의 운동학적 비교분석

### Kinematical Analysis of Fastball and Longtoss during Baseball Throwing

우병훈\*(한양대학교) · 정윤진(덕수고등학교)

Woo, Byung-Hoon\*(Hanyang University) · Jung, Yun-Jin(Duksoo High School)

#### 국문요약

본 연구의 목적은 속구와 멀리던지기 동작 사이의 상호관계를 밝히며, 속구와 멀리던지기 동작의 투구시 운동학적으로 어떠한 차이가 있는 밝히는 것이다. 8명의 대학교 야구선수들이 실험에 참여하였다. APAS(Ariel Performance Analysis System) 동작분석시스템을 이용하여 속구와 멀리던지기 동작에 대한 운동학적 변인을 구하여 분석하였다.

본 연구의 결과로 신체중심의 전후변위에서 투구후반부에서 속구가 멀리던지기보다 신체중심이 앞으로 이동하였고, 상하변위에서는 속구가 더 낮은 자세를 보였다. 오른손의 속도에서는 릴리즈 시 속구가 더 빠르게 나타났고, 팔꿈치관절에서는 투구중반부에서는 속구가 더 신전되었고, 릴리즈에서는 동일하였고, 어깨관절에서는 팔 가속지점에서 속구가 더 신전된 것으로 나타났다. 몸통경사에서는 릴리즈 시 속구는 전방으로, 멀리던지기는 후방경사를 취하고 있었다. 보폭은 속구가 더 긴 것으로 나타났다. 2가지 투구동작에서 동일한 자세에서 시작하지만, 각 변인에 따라 공통점과 차이점을 발견할 수 있었다. 이러한 이유로, 속구를 던지기 위해 멀리던지기 훈련이 어느 정도 도움이 될 것으로 생각된다.

#### ABSTRACT

B. H. WOO, and Y. J. JUNG, Kinematical Analysis of Fastball and Longtoss during Baseball Throwing, Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 19, No. 3, pp. 425-433, 2009. The purpose of this study was to investigate relation between fastball motion and longtoss motion, and the kinematical analysis using APAS(Ariel Performance Analysis System). Eight people(age: 21.2±3.6years, height: 177.1±3.1cm, weight 68.6±2.5kg) participated in the experiment. Followings are the conclusion. In displacement of fore-aft on COG(Center of Gravity), fastball motion moved more forward than longtoss motion. In displacement of vertical on COG(Center of Gravity), fastball motion was lower than longtoss motion. In velocity of right hand, greater release velocity was measured for fastball motion than for longtoss motion. In displacement of elbow and shoulder joint, more extended displacement was exhibited in fastball motion than longtoss motion. In displacement of trunk tilt, fastball motion showed forward tilt, longtoss motion showed backward tilt. In stride, fastball showed longer than longtoss.

KEYWORDS : KINEMATICS, FASTBALL, LONGTOSS, THROWING

\*Corresponding Author : 우병훈  
서울특별시 성동구 행당동 17 한양대학교 체육과학연구소 기능학 실험실 318호  
Tel : 02-2220-1324 / Fax : 02-2220-1329  
E-mail : woowoo@hanyang.ac.kr

## I. 서론

프로 야구 팀의 선수들 중 절반 정도에 해당되는 선수들이 투수로 이루어져 있다. 그 만큼 야구라는 운동 종목은 투수라는 위치가 야수보다 중요하며, 그 원인은 각 경기 승패의 비율을 80% 이상 좌우하기 때문이다(윤정현, 1995). 이러한 이유로 많은 젊은 야구선수들이 투수를 꿈꾸고 있지만, 누구나 좋은 투수가 될 수 있는 것은 아니다. 투수에 조건에 있어서 가장 중요한 요소는 빠르고 정확하게 공을 던질 수 있어야 한다.

빠른 공을 던지기 위한 기본적인 신체 역학적 요소인 분절 운동은 그 분절들의 위치와 분절들의 연결형태에 따라서 운동을 하는 운동범위와 운동 형태가 결정되어진다(김용이, 1999). 즉, 각각의 분절들이 연결되어 있는 형태와 동작에 따라 분절 운동의 형태가 특징지어진다. 이러한 분절들의 연결을 운동역학적 체인(kinetic chain)으로 정의한다(Adrian & Cooper, 1989; Kreighbaum & Barthels, 1991). 투구동작은 근위분절인 어깨에서 시작하여 원위분절인 손끝으로 움직임이 일어나게 되는 열린 체인으로 규정지을 수 있다. 투수가 던지는 볼의 속도는 투구시 발생하는 신체 분절들의 역학적인 연결로써 나타나게 되는데, 그 이유는 던지기 동작이 기지에서 말초분절로 진행되는 링크시스템으로 이루어지기 때문이다(Dillman, Fleisig & Andrews, 1993).

Kreighbaum과 Barthels(1981)는 링크 시스템을 질량이 큰 근위 분절과 질량이 작은 원위 분절이 연결된 체계로 설명하고 있다. 즉, 각 분절들이 동작을 할 때 질량이 큰 근위 분절에서 발생한 각 운동량이 연결되어 있는 원위 분절로 전달되어 근위 분절의 속도가 작아지게 되고 원위 분절의 속도는 근위 분절의 감속량만큼 증가하게 된다고 하였다. 특히 Putnam(1991)은 근위 분절에서 원위 분절로의 전이에 의한 링크 시스템을 분절 끝점의 선형속도와 분절의 각속도로 표현하였다. 분절 움직임의 연속성은 분절들 사이에서 발생하는 동작의 방향과 관련되어 있는데 개개 분절의 움직임과 인접 분절에 대하여 어떤 방향으로 움직이는가에 영향을 받는다(신용석, 2000).

Hay(1985)와 Putnam(1991)은 투구 동작을 신체 각각

의 분절들이 역학적으로 연결된 링크시스템(linked system)으로 근위 분절에서부터 원위 분절까지의 연속적인 움직임으로 보았으며, 스피드 총합의 원리(the summation of speed principle)와 채찍 모양 이론(whip-like motion)으로 설명하였다. 이러한 링크 시스템과 스피드 총합의 원리로 인해 투구 동작시 각분절의 합성직선속도는 근위분절에서 원위분절로 시간적인 순서에 따라 수행되는 운동형태를 보이고, 안정된 신체 부위의 근위분절에서 시작하여 원위분절로 운동량이 연속적으로 전이되는 채찍모양의 형태를 보인다(손현수, 2001; Hay, 1985).

이와 같이 많은 연구들에서 어깨의 근력과 볼 스피드와 관련성에 대해 연구가 진행되고 있다. Pugh, Kovaleski, Heitman 과 Pearsall(2001)은 언더핸드(underhand) 투수의 악력과 볼 스피드와 상관관계가 있다고 보고하였으며, Pedegana, Elsner 과 Robert(1982)는 주관절 신전력과 손목 신전력이 볼 스피드와 관련이 있다고 보고하였다. 또한, Bartlett, Storey 와 Simons(1989)은 견관절 내전근력과 볼 스피드와 상관관계가 있다고 보고하였고, 진영수 등(1997)은 견관절 내외회전 근력과 볼 스피드와 상관관계가 있다고 보고하였다. Bayios, Anastasopoulou, Sioudris 와 Boudolos(2001)는 견관절의 내회전력, 외회전력과 볼 스피드와 상관관계가 없다고 보고하였다. 이처럼 선행연구들의 여러 결과를 종합해 볼 때, 견관절의 근력과 상지의 근력은 볼 스피드를 발현하는 중요한 요인이라고 보기는 어려우며, 오히려 부상예방을 위해 중요한 것으로 판단된다. Stodden, Fleisig, Mclean, Lyman 과 Andrews(2001)는 시간적인 요인으로는 견관절의 수평내전의 증가된 시간과 내회전 시간의 감소가 볼 스피드와 관련이 있으며, 운동화적인 요인으로는 투구 동작에서 앞 발 접촉 시(foot contact) 감소된 견관절 수평 내전, 가속기(acceleration) 동안 감소된 견관절 외전, 볼 릴리스(release) 시 증가된 몸통의 전방경사는 볼 스피드와 관련이 있다고 보고하였다. Coleman(2000)은 타격과 투구는 팔로 하는 것이 아니라 다리와 허리에서 시작되고, 다리와 허리는 파워존(power zone)이며 타격과 투구에 있어서 발생하는 힘의 50% 이상을 제공한다고 하였다. Toyoshima, Hoshikawa와

Miyashita(1974)는 오버핸드(overhand) 투구의 투구시 공의 속도의 46.9%가 스텝(Step)과 허리회전(trunk rotation)의 영향을 받아서 이루어지며, 53.1%가 팔 자체의 영향이라고 보고하였다.

빠른 공을 던질 수 있는 선수를 선발하고 육성하기 위한 접근은 단순히 특정 부위의 근력이 관련된 것이 아니라, 복잡한 투구 동작의 역학적인 면과 관련되어 있으며, 여러 가지의 요인이 복합적으로 작용하고 있는 것으로 판단된다. 현장의 지도자들은 선수들의 포지션을 결정할 때 볼의 스피드를 중요하게 생각한다.

하지만, 기존의 연구들은 등속성 장비를 이용하여 신체의 부위별 근력측정과 볼스피드의 상관분석에 관련된 연구들이 주를 이루고 있으며, 속구(fastball)와 멀리던지기(longtoss) 사이의 상호관계에 대한 분석은 미비한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 속구와 멀리던지기 사이의 운동학적 변인을 분석하여, 각 동작사이의 공통점과 차이점에 상호관계를 밝히며, 속구와 멀리던지기 동작 사이에 어떠한 영향을 미치는지 밝히는 것이다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구의 예비조사로 서울시와 경기도권의 고등학교에 재학 중인 남자 야구선수 218명을 대상으로 속구와 멀리던지기에 대한 상관관계를 측정된 결과,  $r=0.70$ 을 보였다(그림 1).

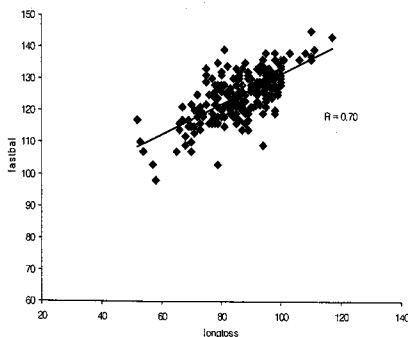


그림 1. 속구와 멀리던지기의 상관관계

예비조사를 통하여, 속구와 멀리던지기 사이에 상관이 있다는 사실을 발견하였고, 이를 근거로 본 연구에서는 H대학교 야구선수로 활약중인 외야수 8명을 대상으로 선정하였다(나이:  $21.2\pm 3.6$ years, 신장:  $177.1\pm 3.1$ cm, 체중:  $68.6\pm 2.5$ kg).

### 2. 실험장비

본 연구는 3차원 동작분석을 사용하였으며, 이에 따른 영상분석을 위하여 JC-labs S-VHS, Panasonic HSC 250×2 등의 비디오키메라 2대와 통제점틀( $3m\times 3m\times 1m$ )을 사용하였고, 자료분석에는 APAS(Ariel Performance Analysis System) 분석시스템과 펜티엄-133s 컴퓨터를 이용하여 3차원 좌표와 모든 변인들을 계산하였다. 또한, 속구의 측정시 스피드건(Striker Co.), 멀리던지기 측정시 줄자를 이용하여 부가적인 측정을 하였다.

### 3. 측정방법

예비조사의 결과를 바탕으로 대상자를 선정하여, 실험에 대한 내용을 숙지시키고 충분히 준비운동 후 최대 거리를 측정하기 위해 최초 6m에서 가볍게 시작하여 점진적으로 거리를 늘려가며 어깨가 충분히 warm-up이 되도록 하였다. 멀리던지기 시 제자리에서 도움닫기 없이 던지기 동작이 이루어지도록 하였다. 속구의 측정은 멀리던지기의 측정 후 피칭 마운드에서 20개의 피칭 후 최대 노력으로 시도하여 최고 속도로 측정하였다. 속구는 스피드건을 이용하여 포수 뒤쪽에서 측정하였다.

멀리던지기 및 속구 측정시, 투구동작에 지장을 받지 않을 정도의 공간을 확보한 후 비디오키메라 2대를 설치하였다. 피험자의 진행방향을 중심으로 X축은 전·후, Y축은 상·하, Z축은 좌·우 방향으로 설정하였다. 실험시 카메라 속도는 60frames/sec.로 하였으며, 노출시간은 1/500sec.로 설정하였다.

### 4. 이벤트 설정

<그림 2>와 같이 4개의 이벤트로 구분하였다.

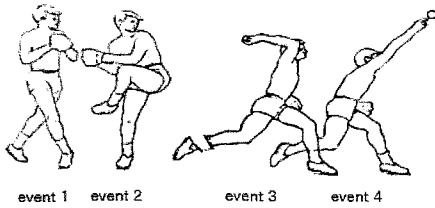


그림 2. 투구동작의 이벤트 설정

- Event-1(E1) : 준비자세
- Event-2(E2) : 왼쪽 무릎관절이 수직으로 최대정점(초기코킹)
- Event-3(E3) : 왼발이 지면에 닿는 지점(팔 가속기)
- Event-4(E4) : 공을 놓는 지점(딜리스)

5. 자료처리 및 통계처리

모든 자료처리는 동작분석 프로그램인 APAS를 이용하였다. 신체관절 중심점의 좌표화는 Plagenhoef(1983)의 신체분절지수(body segment parameter)자료를 사용하여 디지털화(digitizing) 하였다.

본 연구를 위한 통계처리는 SPSS 17.01 통계프로그램을 이용하였다. 속구와 멀리던지기 사이에 대한 각 변인간의 차이를 보기 위해 independent t-test를 이용하였고, 유의수준은 5%로 설정하였다.

III. 연구결과

1. 신체중심의 전후변위

신체중심의 전후변위는 신체중심의 전후로 변화된 값을 의미하며, <표 1>과 같다.

	속구	멀리던지기	t-값
E1	12.01±1.55	10.65±1.70	1.447
E2	6.24±3.59	4.55±0.78	1.148
E3	62.26±2.14	56.55±3.71	3.264**
E4	81.55±2.33	74.71±1.55	5.998***

\*\*p<.01, \*\*\*p<.001

각 투구의 초기 부분인 E1과 E2에서는 속구와 멀리던지기 사이에 차이를 보이지 않았다. 하지만, E3에서는 속구의 동작이 멀리던지기의 동작보다 더 큰 전후변위를 보였으며, 유의한 차이를 보였다(p<.01). E4에서도 속구의 동작이 멀리던지기의 동작보다 더 큰 전후변위를 보였으며, 유의한 차이를 보였다(p<.001).

2. 신체중심의 상·하 변위

신체중심의 상하변위는 각 대상자의 지면에서 신체중심까지를 신장으로 나눈 백분율로 상하로 변화된 값으로써, Y축 값을 의미하며, <표 2>와 같다.

E1에서는 속구와 멀리던지기 사이에 차이가 없었다. E2에서는 멀리던지기가 속구보다 더 높은 자세를 보여, 통계적인 차이를 보였다(p<.05). 급격히 신체중심이 낮아지는, E3과 E4에서도 속구가 멀리던지기보다 더 낮은 신체중심을 보였으며, 통계적인 차이도 보였다(p<.001).

	속구	멀리던지기	t-값
E1	54.55±0.53	54.62±0.55	.221
E2	59.20±0.40	59.74±0.42	2.297*
E3	44.27±0.13	46.60±0.57	9.797***
E4	43.92±0.54	45.83±0.75	5.077***

\*p<.05, \*\*\*p<.001

3. 오른손의 속도

오른손의 속도는 투구 동작수행시 단위시간당 변위값의 합성속도를 의미하며, <표 3>과 같다.

E1, E2, E3에서는 오른손 동작이 미미한 상태이므로, 속구와 멀리던지기 사이의 차이를 보이지 않았지만, 공을 놓는 지점인 E4에서는 속구가 멀리던지기보다 빠른 속도를 보였고, 통계적인 차이도 나타났다(p<.001).

	속구	멀리던지기	t-값
E1	-	-	-
E2	1.77±1.31	0.80±0.39	1.734
E3	5.20±1.23	4.19±0.28	1.958
E4	20.40±0.58	17.82±0.79	6.457***

\*\*\*p<.001

#### 4. 오른쪽 팔꿈치관절 각변위

오른쪽 팔꿈치관절 각변위는 오른쪽 상완과 전완을 이루는 각의 변화를 의미하는 것으로 <표 4>와 같다.

준비자세인 E1에서는 속구와 멀리던지기 사이에 차이를 보이지 않았지만, E2에서는 속구가 멀리던지기보다 더 신전되어 있는 것으로 나타났고, 통계적인 차이도 보였다( $p<.01$ ). 또한, E3에서는 속구가 멀리던지기보다 더 신전되어 있는 것으로 나타났고, 통계적인 차이도 보였다( $p<.05$ ). 하지만, E4에서는 멀리던지기가 속구 사이에 차이를 보이지 않았다.

표 4. 오른쪽 팔꿈치 관절각변위 (unit: deg)

	속구	멀리던지기	t-값
E1	62.19±8.18	51.70±24.64	.990
E2	57.11±5.14	35.56±12.03	4.035**
E3	84.26±11.93	69.00±8.58	2.545*
E4	121.21±10.12	130.14±18.38	1.043

\* $p<.05$ , \*\* $p<.01$

#### 5. 오른쪽 어깨관절 각변위

표 5. 오른쪽 어깨 관절각변위 (unit: deg)

	속구	멀리던지기	t-값
E1	44.21±7.31	48.74±11.78	.800
E2	50.99±16.60	63.64±13.68	1.441
E3	114.69±9.02	105.93±0.27	2.377*
E4	115.02±4.12	114.13±1.29	.508

\* $p<.05$

오른쪽 어깨관절 각변위는 오른쪽 상완과 몸통이 이루는 각의 변화를 의미하는 것으로 <표 5>와 같다.

E1에서는 속구와 멀리던지기 사이에 차이를 보이지 않았고, E2에서도 E1과 같이 차이를 보이지 않았다. 하지만, 급격하게 신전되는 E3에서는 속구가 멀리던지기보다 더 신전되어 있는 것으로 나타났고, 통계적인 차이도 보였다( $p<.05$ ). 하지만, E4에서는 멀리던지기와 속구가 유사한 것으로 나타났다.

#### 6. 몸통 경사 각변위

몸통의 경사 각변위는 어깨의 양쪽 견봉점 사이 중간지점과 골반의 대전자점 사이 지점을 이은 선과 투구시 지면에 X축 방향의 선 사이의 시상면의 각도를 의미하는 것으로 <표 6>과 같다.

E1에서는 속구가 멀리던지기 사이에서 차이를 보이지 않았다. 몸통이 후방으로 기울어져 있는 E2에서도 속구가 멀리던지기 사이에서 차이를 보이지 않았다. 하지만, 팔 가속시점인 E3에서는 속구가 멀리던지기보다 더 굴곡되어 있는 것으로 나타났고, 통계적인 차이도 보였다( $p<.001$ ). 공을 놓는 지점인 E4에서도 속구가 멀리던지기보다 더 굴곡된 상태로 투구하는 것으로 나타났고, 통계적인 차이도 보였다( $p<.01$ ).

표 6. 몸통 경사각변위 (unit: deg)

	속구	멀리던지기	t-값
E1	90.22±1.42	91.67±2.34	1.294
E2	101.09±1.85	104.21±6.41	1.146
E3	95.14±3.54	104.72±2.39	5.491***
E4	72.84±10.93	91.91±5.28	3.845**

\*\* $p<.01$ , \*\*\* $p<.001$

#### 7. 보폭

표 7. 보폭 (unit: cm)

	속구	멀리던지기	t-값
E1	40.88±2.67	40.59±2.55	.851
E2	69.84±4.72	56.80±10.01	2.886*
E3	101.77±1.66	92.04±0.19	14.308***
E4	104.43±0.21	93.06±4.68	5.946***

\* $p<.05$ , \*\*\* $p<.001$

보폭은 투구동작시 오른발 끝과 왼발 뒤꿈치의 거리를 의미하는 것으로 <표 7>과 같다.

E1에서는 속구가 멀리던지기 사이에서 차이를 보이지 않았다. 하지만, 킥으로 해석할 수 있는 E2에서는 속구가 멀리던지기보다 더 높은 킥으로 한 것으로 나타났고 통계적으로 차이를 보였다( $p<.05$ ). 왼발이 지면 완전히 접촉하는 E3에서는 속구가 멀리던지기보다 더 긴 보폭을 보였고, 통계적인 차이도 보였다( $p<.001$ ). E4에서도 속구가 멀리던지기보다 더 긴 보폭이 나타났고, 통계적인 차이도 보였다( $p<.001$ ).

## IV. 논 의

신체중심의 전후변위에서 E1은 동일한 준비자세로 인해 속구와 멀리던지기 사이에 차이는 없었고, E2에서도 동일한 자세를 보였다. 하지만, E3과 E4에서는 속구가 멀리던지기보다 신체중심이 앞으로 나가는 것으로 나타났다. 이영준과 김정태(2002)는 직구와 커브투구 동작의 비교에서 직구가 더 큰 신체중심의 전후변위가 나타났다고 보고하였다. 또한, 문성원과 이동우(2006)는 공의 크기에 따른 초등학교의 던지기 동작에서 전후방향 신체 중심변위에서 숙련자가 비숙련자에 비하여 높은 변위가 나타난다고 보고하였다. 본 연구에서는 속구에서 빠른 공을 던지기 위한 조건으로 팔동작의 선행동작으로 신체를 앞으로 이끌어 나가는 것으로 사료된다.

신체중심의 상하변위는 E1은 동일한 준비자세로 인해 속구와 멀리던지기 사이에 차이는 없었지만, E2, E3, E4에서 모두 속구가 더 낮은 자세를 보였다. 이영준 등(2002)은 직구가 커브사이에 차이는 없다고 보고하였다. 하지만, 본 연구에서는 속구와 멀리던지기에서 목표지점이 다르기 때문에 목표지점이 낮은 속구에서 신체중심이 낮아졌다고 사료된다.

오른손의 속도에서는 손의 동작이 미미한 E1, E2, E3에서는 차이가 없었지만, E4에서는 속구가 멀리던지기보다 더 빠르게 나타났다. 조영재, 이성철, 문곤성 및 박종률(2004)의 야구 투구시 볼 속도에 따른 운동학적 분석을 살펴보면, 야구공의 110km/hr와 120km/hr대의 투구시 120km/hr에서 약간 크게 나타났지만, 차이는 보이지 않았다. 또한, 문성원 등(2006)의 연구에서는 숙련자가 비숙련자에 비해 손의 속도가 빠르게 나타났다고 보고하였다. 또한, 이영석, 배성재, 및 이기창(1994)은 야구와 핸드볼 공 던지기의 분석에서 야구공 투구시 핸드볼 공 투구시에 비해 빠른 속도를 보였다고 보고하였으며, 본 연구의 결과와 부합되는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 던지는 목적에 따라 빠른공을 요구되는 속구에서 더 빠른 속도가 나타난 것으로 사료된다.

팔꿈치관절의 각변위에서는 E1에서는 동일한 준비자세로 인해 속구와 멀리던지기간 차이는 없었지만, E2, E3에서는 속구가 멀리던지기보다 더 신전되어 있는 것

으로 나타났다. 하지만, E4에서는 속구와 멀리던지기가 동일한 것으로 나타났다. 이영석 등(1994)의 연구에서는 야구 투구는 핸드볼 투구에 비하여 팔이 옆으로 향하여 낮은 타점으로 이루어졌음을 알 수 있고, 반대로 핸드볼에서는 높은 타점으로 투사되었음을 알 수 있다. 이러한 차이는 야구의 경우, 정확하게 던져야 하는 이유로 가까운 변위로 정확성을 높이고, 핸드볼은 상대방의 블로킹을 피하기 위하여 높은 타점의 곡선적 변위로 투구하는 경기상의 특성에서 야기된 것으로 야구에서 더 신전된다고 보고하였다. 손원일(2007)의 연구에서는 피칭과 스텝슛의 비교에서 스텝슛의 주관절이 더 신전된다고 보고하였다. 본 연구에서는 E2, E3에서 속구는 팔의 가속을 위한 방법으로 모멘트 암이 작게하여 토크가 커지고 운동량을 높이기 위해 멀리던지기보다 더 신전된 것으로 판단되며, E4에서는 공을 놓는 지점에서는 동일하게 신전되는 것으로 사료된다.

어깨관절의 각변위는 E1, E2에서 차이를 보이지 않았다. 하지만, E3에서는 속구가 멀리던지기보다 더 신전되어 있는 것으로 나타났다. 하지만, E4에서는 멀리던지기와 속구가 유사한 것으로 나타났다. 나운수(2005)의 연구에서는 어깨관절의 각도를 크게 하면, 작용팔을 길게 하여 운동량을 크게 하기 위한 것으로 보고하였다. 또한, 문성원 등(2006)은 숙련자가 비숙련자에 비해 어깨각도가 릴리스 순간부터 크게 나타난다고 보고하였고, 이영석 등(1994)은 야구에서는 백스윙한 팔을 수평면에 가깝게 스윙함으로써 정확성을 높이고(Kreighbaum & Barthels, 1985), 팔을 위로 올려 던질 시간적 여유가 없이 빠른 시간내에 던져야 하는 경기상의 특성으로 인하여 핸드볼에 비해 어깨관절 각도가 작게 나타난다고 보고하였다. 또한, 고희직과 주명덕(2009)은 멀리던지기 시 숙련도에 따른 집단간 차이는 보이지 않았다고 보고하였다. 본 연구에서는 팔꿈치관절 각변위와 유사하게 E3에서 속구는 팔의 가속을 위한 방법으로 토크를 높이기 위해 멀리던지기보다 더 신전된 것으로 사료되고, 또한 속구와 멀리던지기 사이의 목표지점의 차이로 인해 발생하는 각변위의 차이로 보여진다.

몸통경사 각변위는 E1, E2에서도 속구가 멀리던지기 사이에서 차이를 보이지 않았다. 하지만, E3, E4에서는 속구가 멀리던지기보다 더 굴곡되어 있는 것으로 나타

났다. 문성원 등(2006)은 숙련자가 비숙련자에 비해 몸통경사 각변위가 크다고 보고하였고, 고희직 등(2009)은 멀리던지기에서 릴리즈 시에 숙련자가 비숙련자보다 몸의 중심을 후방의 유지해야한다고 보고하였다. 선행연구 결과를 종합해 볼 때, 속구는 몸통경사가 전방으로 향해야하고, 멀리던지기에서는 몸통경사가 후방으로 향해야한다고 것을 알 수 있었고, 본 연구결과에 이와 일치하였다.

보폭은 E1에서는 차이를 보이지 않았다. 하지만, E2에서는 오른발 끝과 왼발 뒤꿈치의 거리를 의미하는 것으로, 본 연구에서 킥의 높이를 분석하지 않았지만, E2는 간접적인 킥 높이에 대해 추론해 볼 수 있었고, 이에 따라 속구가 멀리던지기보다 더 높은 킥으로 한 것으로 추론할 수 있었다. 왼발이 지면 완전히 접촉하는 E3, E4에서는 속구가 멀리던지기보다 더 긴 보폭을 하는 것으로 나타났다. 문성원 등(2006)은 빠른공 스피드를 위해서 숙련자가 비숙련자보다 보폭을 크게했다고 보고하였고, Elliot, Grove, Gibson과 Thurston(1986)는 직구와 커브볼 투구시 빠른 볼을 던지는 직구가 커브볼을 던질 때보다 스트라이드 거리가 더 긴 경향을 보였다고 보고하였다. 본 연구에서도 선행연구와 일치된 결과를 가지며, 속구가 멀리던지기보다 위에서 아래로 향하는 수직성분의 영향으로 인해 보폭이 더 길어진다고 사료된다.

## V. 결론 및 제언

본 연구는 속구와 멀리던지기를 통한 동작분석으로 운동학적 차이 분석을 실시하였다. 이에 본 연구의 결론은 다음과 같다.

1. 신체중심의 전후변위에서 속구와 멀리던지기는 투구 전반부에서는 차이는 없었지만, 후반부에서는 속구가 멀리던지기보다 신체중심이 앞으로 나가는 것으로 나타났다.
2. 신체중심의 상하변위는 준비자세에서 차이는 없었지만, 이후 동작에서는 모두 속구가 멀리던지기보다 더 낮은 자세를 보였다.

3. 오른손의 속도에서는 릴리즈 전까지 차이가 없었지만, 릴리즈 시에는 속구가 멀리던지기보다 더 빠르게 나타났다.
4. 팔꿈치관절의 각변위에서는 준비자세에서 차이는 없었지만, 초기코킹과 팔 가속기에서는 속구가 멀리던지기보다 더 신전되어 있는 것으로 나타났다. 하지만, 릴리즈에서는 속구와 멀리던지기가 동일한 것으로 나타났다.
5. 어깨관절의 각변위는 투구 전반부와 릴리즈에서 차이를 보이지 않았지만, 팔 가속기에서는 속구가 멀리던지기보다 더 신전되어 있는 것으로 나타났다.
6. 몸통경사 각변위는 투구 전반부에서 차이를 보이지 않았지만, 투구 후반부에서는 속구가 멀리던지기보다 더 굴곡되어 있는 것으로 나타났다.
7. 보폭은 준비동작에서 차이를 보이지 않았지만, 왼발이 지면 완전히 접촉하는 투구 후반부에서는 속구가 멀리던지기보다 더 긴 보폭이 나타났다.

본 연구는 속구와 멀리던지기 사이의 상호관계를 통하여 2가지 투구동작 사이의 연관성과 차이점을 규명하기 위해 분석을 하였다. 사전조사에서 알 수 있듯이 2가지 투구동작에서 서로 연관성이 있다고 밝혀졌다. 동일한 자세에서 시작하지만, 각 변인에 따라 공통점과 차이점을 발견할 수 있었다. 결과를 종합해 볼 때, 멀리던지기에 비해 속구 동작이 전반적으로 동작이 큰 것으로 보였고, 상대적으로 동작이 작은 멀리던지기 훈련을 통하여 동작이 큰 속구 훈련으로 전위시킬 수 있는 방법이라고 사료된다.

향후 본 연구에서 운동학적으로 규명한 2가지 투구동작을 포함한, 지면반력과 근전도 등의 운동역학적 변인을 이용한 분석이 수행되어져야 할 것으로 생각된다.

## 참고 문헌

고형직, 주명덕(2009). 남자 고등학생 숙련자·비숙련자의 던지기 동작에 대한 운동역학적 비교 분석.

- 한국운동역학회지, 19(1), 87-98.
- 김용이(1999). 태권도 옆차기 기술의 3차원적 운동역학적 분석. 미간행 박사학위논문. 연세대학교 대학원.
- 나윤수(2005). 야구 선수의 투구 동작 중 직구 동작 분석. *한국스포츠리서치*, 16(6), 305-312.
- 문성원, 이동우(2006). 초등학생 던지기 동작의 운동학적 분석. *한국스포츠리서치*, 17(5), 507-520.
- 손원일(2007). 피칭과 스텝슛의 던지기 동작 패턴 분석. *한국스포츠리서치*, 18(1), 535-546.
- 손현수(2001). 야구의 직구 투구시 상체의 3차원 운동학적 분석. 미간행 박사학위논문. 연세대학교 대학원.
- 신용석(2000). 드라이버 길이 변화에 따른 골프 스윙 동작의 운동역학적 분석. 미간행 박사학위논문. 연세대학교 대학원.
- 이영석, 배성재, 이기철(1994). 야구와 핸드볼 공 던지기 동작의 비교 분석. *한국운동역학회지*, 4(2), 41-50.
- 이영준, 김정태(2002). 직구와 커브 투구동작의 운동학적 비교 분석. *한국운동역학회지*, 12(2), 109-130.
- 윤정현(1995). 야구선수들의 무산소성 파워와 피칭속도의 관계. *한국체육학회지*, 34, 270-275.
- 조영재, 이성철, 문근성, 박종률(2004). 야구 투구시 볼 속도 차이에 따른 상체의 3차원 운동학적 분석. *한국체육학회지*, 43(3), 861-870.
- 진영수, 김용권, 김재훈, 김명화, 이혁중, 남궁영림, 박준영(1997). 프로야구 투수의 볼 스피드와 견관절, 요부관절의 등속성 회전력과의 상관연구. *대한스포츠의학학회지*, 15(1), 58-66.
- Adrian, M. J., & Cooper, J. M.(1989). *Biomechanics of human movement*. Indianapolis. Indiana: Benchmark Press.
- Bartlett, L. R., Storey, M. D., & Simons, B. D.(1989). Measurement of upper extremity torque production and its relationship to throwing speed in the competitive athlete. *The American Journal of Sports Medicine*, 17(1).
- Bayios, I. A., Anastasopoulou, E. M., Sioudris, D. S., & Boudolos, K. D.(2001). Relationship between isokinetic strength of the internal and external shoulder rotators and ball velocity in team handball. *Journal Sports Medicion Physical Fitness*, 41, 229-235.
- Coleman, G.(2000). *52-Week baseball training*. Champaign, IL: Human Kinetics, 143.
- Dillman, C. J., Fleisig, G. C., & Andrews, J. R.(1993). Biomechanics of pitching with emphasis upon shoulder kinematics. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 18(2), 402-408.
- Elliot, B. C., Grove, J. R., Gibson, B., & Thurston, B. (1986). A Three-Dimensional Cinematographic Analysis of the Fastball and Curve ball Pitches in Baseball. *International Journal of Sport Biomechanics*, 2(1), 20-28.
- Hay, J.(1985). *The Biomechanics of Sports Techniques*. Printice-Hall, Englewood Cliffs, N. J. 261-278.
- Kreighbaum, E., & Barthels, K. M.(1981). *Biomechanics : a Qualitative Approach for Studying Human Movement*. Burger, Minneapolis.
- Kreighbaum, E., & Barthels, K. M.(1985). *Biomechanics : a Qualitative Approach for Studying Human Movement(2nd ed)*. New York : Macmillan Publishing Company.
- Kreighbaum, E., & Barthels, K. M.(1991). *Biomechanics : a Qualitative Approach for Studying Human Movement(3rd ed)*. New York : Macmillan Publishing Company.
- Pedegana, L. R., Elsner, R.C., & Robert, D.(1982). The relation ship of upper extremity strength to throwing speed. *American Journal of Sports Medicine*, 10, 352-354.
- Plagenhoef, S. C., Evans, F. G., & Abdelnour, T. (1983). Anatomical Data for Analyzing Human Motion. *Research Quarterly for Exercise and Sports*, 54(2), 169-178.



- Pugh, S. F., Kovaleski, J. E., Heitman, R. J., & Pearsall, A. W.(2001). Upper and lower strength in relation to underhand pitching speed by experienced and inexperienced pitchers. *Perceptual & Motor Skills*, 93, 813-818.
- Putnam, C. A.(1991). A segment interaction analysis of proximal to distal sequential segment motion patterns. *Medicine and Sports and Exercise*, 10(1), 130-142.
- Stodden, D. F., Fleisig, G. S., Mclean, S. P., Lyman, S. L., & Andrews, J. R.(2001). Relationship of Pelvis and Upper Torso Kinematics to Pitched Baseball Velocity. *Journal of Applied Biomechanics*, 17, 164-172.
- Toyoshima, S., Hoshikawa, T., & Miyashita, M.(1974). *Contribution of the body parts to throwing performance*. In Nelson, R.C., Morehouse, C.A.(eds): *Biomechanics 4*. Baltimore, University Park Press.

투 고 일 : 04월 29일

심 사 일 : 05월 12일

심사완료일 : 08월 27일