

15주 야구 수업을 통한 던지기 동작의 운동학적 변인 변화 분석

천영진¹ · 신인식¹

¹서울대학교 사범대학 체육교육과

Kinematic Analysis of Baseball Throw after 15 Weeks of Class

Young-Jin Chun¹ · In-Sik Shin¹

¹Department of Physical Education, College of Education, Seoul National University, Seoul, Korea

Received 31 January 2012; Received in revised form 9 February 2012; Accepted 8 March 2012

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the pattern change of throwing in baseball after 15 weeks of participation in baseball class, by examining ball speed, trunk and upper body angles. The comparison was with 6 university students that haven't had any experience in baseball. 8 infra red cameras and 2 force platforms were used to collect the data. First, there was an increase in the speed of the ball after the class. Second, there was no significant difference in the allocated phases during the throw before and after class. Third, the release point was lower and more in front. Forth, there was an increase in the knee flexion at the left foot landing and release point. Finally, there was an increase in the maximum shoulder external rotation and pelvis angle. It is recommended that the coordination between the segments should be investigated to improve our understanding of the learning of throwing in future research.

Keywords : Baseball, Throw, Class, Kinematics

I. 서 론

야구는 던지고, 받고, 치고, 달리는 인간의 기본 운동 패턴을 대부분 포함하고 있으며, 그 경기 방식도 선수 개개인의 기능이 중요한 동시에 전체의 팀워크가 요구되는 스포츠이다. 이러한 기초기술 향상을 위해 많은 연구가 선행되었고 특히 국내외로 투수와 타자에 관한 연구는 활발하게 이루어지고 있다(Kim, 2006).

그 중에서도 타자보다는 투수를 대상으로 한 연구에 많은 노력을 기울여 왔는데, 그 이유는 투수에 의해 던져진 볼을 타

자가 타격을 하는 행위 즉, 투수는 경기를 진행시키는 주인공이고 자신이 의도하는 대로 경기를 전개시켜 나가는 운영자 역할을 하므로 일반적으로 타자는 투수에 대해 수동적인 방어가 되기 때문이다(Bae, 1992; Lee, 1998).

투수의 피칭에 있어서는 볼의 속도와 관련하여 Lee와 Chung(1996), Atwater(1977), Feltner(1984)는 피칭 동작에 대한 분석을 통해 최대 구속에 중점을 두어 연구하였고, Pappas, Zawacki와 Sullivan(1985)은 빠른 투구를 위해서는 신체 분절들의 작용 시간 연결이 중요하다고 강조하며 링크 시스템(link system)을 설명하였다. 또한 피칭 동작에서 신체 분절 작용의 협응이 중요하기 때문에 Lee(1995), Lee(1998)는 볼 속도에 대한 인체 분절의 기여도를 분석하였으며, Bae(1992)는 피칭에 있어서 제구력에 영향을 미치는 요인들에 중점을 둔 연구를 하였다.

또한 속련자와 비속련자를 대상으로 한 투구 동작 비교 분석

Corresponding Author : In-Sik Shin
Department of Physical Education, College of Education, Seoul National University, Daehakdong, Kwanak-Gu, Seoul, Korea
Tel : +82-2-880-7800 / Fax : +82-2-872-2867
E-mail : isshin@snu.ac.kr

본 논문은 문화체육관광부의 스포츠산업기술개발사업에 의거 국민체육진흥공단의 국민체육진흥기금을 지원받아 연구되었음

(Lim & Seo, 2004), 직구와 커브 동작의 투구 동작 분석(Lee & Kim, 2002), 야구 투구 시 볼 속도 차이에 따른 상체의 3차원 운동학적 분석(Cho, Lee, Moon & Park, 2004), 메이저리그와 마이너 리그의 투수들을 대상으로 20세 전후의 젊은 선수 집단과 30세 전후의 나이가 많은 집단으로 나누어 투구 동작을 분석한 연구(Dun, Fleisig, Loftice, Kingsley & Andrews, 2007)가 이루어져 왔다.

특히, Werner, Suri, Guido, Meister와 Jones(2008)는 볼 속도를 증가시키는 데에 있어 가장 중요한 변인으로 회귀분석을 실시한 결과, 체중, 왼발 착지와 릴리즈 시 무릎각도, 왼발 착지 시 팔꿈치 각도, 최대 어깨 각속도, 최대 팔꿈치 각속도, 릴리즈 시 몸통 각도 등 10개의 변인으로 설명하였다. 따라서 본 연구에서는 볼 속도 증가에 초점을 맞추어 던지기 동작의 변화를 알아보기 위하여 구간별 소요 시간, 릴리즈 시 볼의 위치, 무릎의 굴곡 각도, 몸통의 굴곡 각도, 어깨 관절의 각도 및 각속도 등을 분석하였다.

앞선 선행 연구들에서 알 수 있는 바와 같이 지금까지의 야구와 관련된 연구는 숙련자와 비숙련자의 단순비교, 숙련자에 대한 동작 특성 분석 등 횡단연구가 주류를 이루었다는 것을 알 수 있다. 이에 본 연구에서는 숙련자와 비숙련자 등 두 집단의 단순 비교가 아닌 종단연구로 야구 수업을 통하여 던지는 동작이 어떻게 변화하였는지 살펴보고자 하였다.

본 연구를 통하여 지도자 측면에서는 초보자의 던지기 동작에 대한 특성을 파악할 수 있어 던지기 지도 시 객관적인 자료를 제공해줄 수 있으며, 야구 강의 프로그램에서 미흡한 점을 보완할 수 있을 것으로 생각된다. 또한, 학생 측면에서는 자신의 동작 변화를 분석하여 피드백 받음으로써, 학습 효과가 더 클 것으로 기대되며, 다른 종목에도 적용이 가능할 것으로 기대된다.

II. 연구방법

1. 연구 대상자

S대학교에서 개설한 교양 야구 강좌 수강생을 대상으로 근 골격계에 이상이 없는 남학생 중 자발적인 참여 의사를 밝힌 10명을 선정하였으나, 수업 도중 부상이나 개인적인 사정으로 인하여 중도 포기한 학생 4명을 제외하고 최종 6명을 연구 대상으로 분석하였다. 구체적인 연구 대상자의 신체적 특징은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Subjects (n=6)

| Height(cm) | Weight(kg) | Age(yrs) |
|------------|------------|-----------|
| 173.6±4.30 | 68.2±5.65 | 23.7±2.67 |

2. 야구 강의 내용

본 연구의 목적을 달성하기 위하여 실시한 야구 강의는 총 15주였으며 1회 실시 시간은 100분, 15주간의 구체적인 내용은 <Table 2>와 같다. 특히, 야구 수업 도중 본 연구에 참가한 대상자는 평소나 연습 경기 시 대기 시간을 이용하여 캐치볼 연습을 수시로 실시하였다.

Table 2. Baseball teaching program

| week | subject | contents |
|------|-------------|--|
| 1 | orientation | baseball theory(100 min) |
| 2 | catch ball | catch ball(100 min) |
| 3 | ground ball | warm-up, catch ball(30 min), ground ball(70 min) |
| 4 | fly ball | warm-up, catch ball(30 min), fly ball(70 min) |
| 5 | relay play | warm-up, catch ball(30 min), relay play(70 min) |
| 6 | batting | warm-up, catch ball(30 min), batting(70 min) |
| 7 | bunt | warm-up, catch ball(30 min), bunt(70 min) |
| 8 | simulation | warm-up, catch ball(30 min), fungo(60 min) |
| 9 | simulation | warm-up, catch ball(30 min), fungo(60 min) |
| 10 | game | warm-up, catch ball(30 min), game(70 min) |
| 11 | game | warm-up, catch ball(30 min), game(70 min) |
| 12 | game | warm-up, catch ball(30 min), game(70 min) |
| 13 | game | warm-up, catch ball(30 min), game(70 min) |
| 14 | game | warm-up, catch ball(30 min), game(70 min) |
| 15 | exam | warm-up, catch ball(30 min), game(70 min) |

3. 실험 장비

본 연구에서 사용된 실험 장비로는 영상 장비와 지면반력 측정 장비로 나눌 수 있다. 영상 장비는 퀄리시스 동작 분석 시스템의 적외선 카메라 8대(Qualisys medical AB, Sweden)와 촬영된 영상을 분석하기 위한 분석 장비로 Visual 3D(C-Motion, Inc., USA) 프로그램을 이용하였으며, 인체의 각 분절의 위치를 추적하고자 직경 20 mm의 구형 및 반구형 반사마커 40개를 사용하였다.

이벤트를 구분하고 구간을 정의하기 위하여 스트레인 게이지형인 지면반력기(force platform) 2대(AMTI Inc., USA)를 사용하였다. 이 장비는 6채널로 되어 있어 x, y, z축에 대한 힘성분 및 모멘트 성분을 각각 측정할 수 있으며, 본 연구에서는 채널 당 1,000 Hz로 샘플링하였다.

4. 실험 절차

인체 관절 중심의 좌표화를 위해 직경 20 mm의 반사마커를 부착하였다. 피험자는 스포츠용 타이즈를 착용한 후, 충분한 워밍업과 던지기 동작을 3회씩 연습하였다. 5 m 전방에 목표물을

설치한 후 2대의 지면반력기 위에서 던지기 동작을 실시하였다. 연구 대상자들에게는 1.5 m 높이에 설치된 가로, 세로 1 m의 정사각형 목표물에 최대한 빠르게 공을 던지도록 하였다. 던지기 동작은 글러브를 착용하지 않은 상태에서 첫 번째 지면반력기를 오른발로 밟은 후 왼발을 두 번째 지면반력기에 밟도록 하여 총 5회의 던지기 중 목표물에 명중한 것과 지면반력기를 제대로 밟은 1회를 선택하여 분석하였다(Figure 1).



Figure 1. Experimental scene

5. 자료 분석

Qualisys Track Manager V2.3[build 482] 프로그램을 사용하여 적외선 카메라로 촬영된 3차원 좌표 정보를 수집하였다. 수집된 정보들은 동조된 지면반력 데이터와 함께 C3D Format으로 변환한 후, Visual3D Standard V4.75.14 프로그램을 이용하여 변인들을 산출하였으며 이외의 계산이 요구되는 변인들은 엑셀 프로그램을 사용하였다. 인체분석모델은 Visual3D에서 제공하는 모델을 이용하여 몸통(trunk), 골반(pelvis), 상완(upper arm), 전완(forearm), 손(hand), 대퇴부(thigh), 정강이(sank), 발(foot) 분절로 구분하여 모델링을 하였다. 수집된 운동학(kinematic) 자료들은 왜곡을 줄이기 위하여 Butterworth low-pass filtering을 6 Hz로 처리하였으며 각 관절은 Cardan Sequence(X-Y-Z)로 정의하였다. 전역 좌표계는 운동진행방향이 Y축(전후축), 운동진행방향과 수직인 방향이 X축(좌우축), 수직방향을 Z축(수직축)으로 정의하였다. 몸통에서의 동작은 전후 각도(trunk forward angle)와 좌우 각도(trunk sideways tilt)로 정의하였으며, 어깨 관절의 동작 중 상완 외측 각도(shoulder external rotation)는 전완과 수직축이 이루는 각도로 정의하였고, 팔꿈치 각도(elbow flexion)는 상완과 전완이 이루는 각도를, 팔꿈치 각속도(elbow angular velocity)는 수평면에 대하여 상완이 어깨 관절에 대하여 일어나는 동작인 수평내전(horizontal adduction)으로 정의하였다. 무릎 각도(knee angle)는 대퇴와 하퇴가 이루는 각도로 정의하였다.

구체적인 각도 정의는 <Figure 2>와 같다.

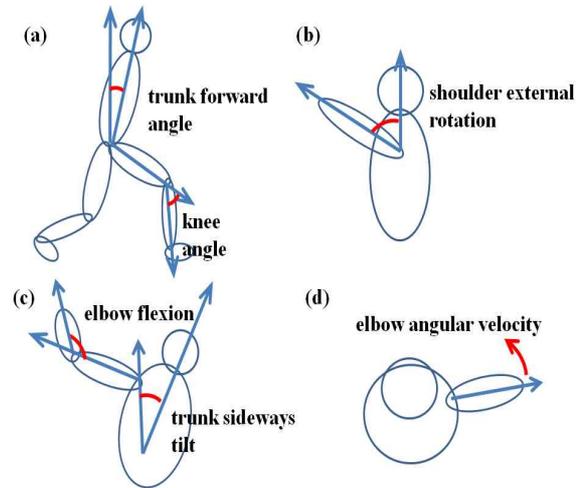


Figure 2. Definition of angles

촬영되어진 던지기 동작은 영상 분석과 지면반력 분석을 통해 다음과 같이 시점을 정의하여 구간별로 분석하였으며, ST 시점과 LFL 시점사이의 착지 구간(stride phase / SP)이라 하였고, LFL 시점과 BR 시점 사이의 구간을 가속 구간(acceleration phase / AP)이라 정의하였다.

- (1) 동작 시작(ST / start) : 오른발이 지면에 닿는 순간
- (2) 왼발 착지(LFL / lead foot landing) : 내딛는 발인 왼쪽 발 뒤꿈치가 지면에 닿는 순간
- (3) 볼 릴리스(BR / ball release) : 볼이 손에서 이탈되기 직전의 순간

6. 통계 처리

SPSS 12.0을 사용하여 동작 구간에 대한 시간 변인, 거리 변인, 관절각 및 각속도 등의 평균과 표준편차를 계산하였다. 종속 t-test를 실시하여 수업 전과 후에 있어서 변인들의 차를 비교 분석하였으며, 유의성 수준은 $p < .05$ 에서 검증하였다.

III. 결 과

1. 볼 속도

릴리스 시 볼의 최대 속도를 측정된 결과 <Table 3>과 같이 수업 전 최대 볼 속도가 15.35 ± 2.52 m/s, 수업 후 최대 볼 속도가 19.31 ± 1.55 m/s로 나타났으며, 통계적으로 유의하게 증가하였다($p < .05$).

Table 3. Ball velocity (unit: m/s)

| | Before | After | <i>t</i> | <i>p</i> |
|---------------|------------|------------|----------|----------|
| Ball velocity | 15.35±2.52 | 19.31±1.55 | -3.145 | .026* |

p*<.05, *p*<.01

2. 구간별 소요 시간

동작 시작 시점인 오른발 착지부터 왼발 착지까지의 착지 구간에서와 왼발 착지부터 볼 릴리즈 시점까지의 가속 구간에서의 소요 시간에 대한 차이를 분석한 결과 <Table 4>와 같이 나타났다. 착지 구간에서는 수업 전과 후를 비교하였을 때 약 0.04초 증가하였고, 가속 구간에서는 0.05초 증가하였으며 전체 소요 시간은 0.09초 증가한 것으로 나타났으나, 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다(*p*>.05).

Table 4. Elapsed time (unit: sec)

| | Before | After | <i>t</i> | <i>p</i> |
|--------------------|-----------|-----------|----------|----------|
| Stride phase | 0.58±0.09 | 0.62±0.03 | -1.408 | .218 |
| Acceleration phase | 0.30±0.06 | 0.35±0.08 | -0.982 | .371 |
| Total | 0.88±0.09 | 0.97±0.08 | -1.545 | .183 |

p*<.05, *p*<.01

3. 이벤트 및 구간별 변인 비교

오른발을 디딘 후 내딛는 왼발이 지면에 닿는 순간인 왼발 착지(left foot landing), 가속 구간(acceleration phase), 볼 릴리즈(ball release)에서 수업 전, 후에 대한 각 변인들의 결과값을 산출한 결과 <Table 5>와 같이 나타났다.

왼발 착지에서 무릎 굴곡 각도는 15.60±4.62 °에서 23.67±8.28 °로 증가하여 통계적으로 유의한 차이(*p*<.05)를 보여, 무릎을 더 굽힌 것으로 나타났고, 골반 각도는 35.72±12.80 °에서 27.26±9.06 °로 감소, 왼발을 디딜 때 골반을 더 닫은 형태가 나타났으나, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 가속 구간에서 살펴본 변인으로 첫째, 최대 팔꿈치 신전각(max elbow flexion)은 108.88±16.16 °에서 117.61±15.50 °로 증가하여 수업 후, 팔꿈치가 펴지는 동작을 보였으나 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다(*p*>.05). 둘째, 최대 상완 외측 회전(Max shoulder external rotation)은 -20.53±16.38 °에서 -70.89±33.10 °로 증가하여 통계적으로 유의한 차이(*p*<.05)를 나타내어, 상완의 외측 회전이 더 크게 나타났음을 알 수 있다. 셋째, 최대 팔꿈치 각속도(Max elbow angular velocity)는 327.57±146.79 °/sec에서 407.27±68.64 °/sec로 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다(*p*>.05). 넷째, 최대 몸통 회전 각속도(Max trunk rotation angular velocity)는 수업 전, 후 각각 125.89±33.79 °/sec, 127.93±26.40 °/sec로 나타나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(*p*>.05).

Table 5. Comparison of variables between before and after

| Event/Phase | Variables | Before | After | <i>t</i> | <i>p</i> |
|--------------------|--|-----------------------|-----------------------|----------|----------|
| Left Foot Landing | Knee flexion(°) | 15.60±4.62 | 23.67±8.28 | -2.838 | .036* |
| | Pelvis angle(°) | 35.72±12.80 | 27.26±9.06 | 1.120 | .314 |
| Acceleration Phase | Max elbow flexion(°) | 108.88±16.16 | 117.61±15.50 | -1.046 | .343 |
| | Max shoulder external rotation(°) | -20.53±16.38 | -70.89±33.10 | 3.826 | .012* |
| | Max elbow angular velocity(°/sec) | 327.57±146.79 | 407.27±68.64 | -1.540 | .184 |
| | Max trunk rotation angular velocity(°/sec) | 125.89±33.79 | 127.93±26.40 | -.103 | .922 |
| | Max trunk forward rotation angular velocity(°/sec) | 116.21±16.04 | 116.36±19.75 | -.016 | .988 |
| | Max pelvis angular velocity(°/sec) | 221.54±79.52 | 313.09±75.73 | -2.248 | .074 |
| Ball Release | Distance between head and right finger(m) | 0.13±0.06 | 0.26±0.07 | -4.107 | .009** |
| | Height at release(m),(% height) | 1.60±0.05(92.52±2.32) | 1.50±0.12(86.33±7.03) | 2.995 | 0.30* |
| | Elbow flexion(°) | 67.76±10.89 | 58.86±11.56 | 2.114 | .088 |
| | Knee flexion(°) | 27.25±3.09 | 40.33±6.57 | -4.466 | .007** |
| | Trunk forward tilt from vertical(°) | 20.09±4.51 | 22.27±4.09 | -.726 | .501 |
| | Trunk sideways tilt from vertical(°) | 20.85±4.40 | 21.89±2.52 | -.444 | .675 |
| | Pelvis angle(°) | 81.79±11.08 | 91.02±14.88 | -4.518 | .006** |
| | Shoulder internal rotation angular velocity(°/sec) | 767.90±212.25 | 965.03±275.03 | -1.726 | .145 |

p*<.05, *p*<.01

넷째, 최대 몸통 전후 각속도(Max trunk forward rotation angular velocity)는 각각 116.21 ± 16.04 °/sec, 116.36 ± 19.75 °/sec로 변화가 나타나지 않았다. 마지막으로 최대 골반 각속도(Max pelvis angular velocity)는 221.54 ± 79.52 °/sec, 313.09 ± 75.73 °/sec로 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다($p > .05$). 볼 릴리즈 시 살피본 변인으로 첫째, 이마와 오른손가락 사이의 전후 거리가 0.13 ± 0.06 m에서 0.26 ± 0.07 m로 증가하여, 통계적으로 유의한 차이를 보였고($p < .01$), 오히려, 투사 높이는 1.60 ± 0.05 m에서 1.50 ± 0.12 m로 감소한 것으로 나타났으며, 이 또한 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < .05$). 둘째, 팔꿈치 각도(elbow flexion)는 67.76 ± 10.89 °에서 58.86 ± 11.56 °로 감소하여 팔꿈치가 신전된 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p > .05$). 셋째, 무릎 각도(knee flexion)는 27.25 ± 3.09 °에서 40.33 ± 6.57 °로 증가하여 무릎이 더 많이 굽곡되었으며 통계적으로 유의한 차이를 보였고($p < .01$). 넷째, 몸통 전후 각도(trunk forward tilt from vertical)는 20.09 ± 4.51 °에서 22.27 ± 4.09 °로 증가하여 몸통을 다소 숙인 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p > .05$). 다섯째, 몸통 좌우 각도(trunk sideways tilt from vertical)는 20.85 ± 4.40 °에서 21.89 ± 2.52 °로 증가하여 몸통이 옆으로 더 기울어진 동작을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다($p > .05$). 여섯째, 골반 각도(pelvis angle)는 81.79 ± 11.08 °에서 91.02 ± 14.88 °로 증가하여 던지는 방향에 대해 골반이 수직에 가까워진 동작을 취하였으며 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < .05$). 마지막으로 상완의 내측 회전 각속도(Shoulder internal rotation angular velocity)가 767.90 ± 212.25 °/sec에서 965.03 ± 275.03 °/sec로 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다($p > .05$).

IV. 논 의

본 연구의 목적은 15주간 야구 수업이 던지기 동작에 어떠한 변화가 나타났는지 알아보는 데에 있다. 이를 위하여 S대학교의 교양 야구 강좌 수강생을 대상으로 야구 수업을 받은 경험이 없는 6명을 대상으로 산출한 결과를 바탕으로 한 논의는 다음과 같다.

속도변인에서 던진 후 최대속도를 측정한 결과, 수업 전 15.35 m/s에서 수업 후 19.31 m/s로 증가하여, 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < .05$). Sabick et al.(2004)의 연구에서 14세 청소년 투수들의 평균 속도가 21.6 m/s로 측정되어, 본 연구에 참여한 일반 대학생의 볼 속도가 14세의 청소년 투수 수준보다 낮은 볼 속도라 할 수 있겠다. 한편, Lee(1998)의 연구에서 초등학교, 고등학교, 대학교 선수를 대상으로 투구 속도를 측정한 결과 각각 26.36 ± 0.62 m/s, 31.77 ± 1.56 m/s, 35.46 ± 2.19 m/s로 나타났고, Dun et al.(2007)이 메이저리그와 마이너리그의 선수들

을 대상으로 한 결과에서 37 m/s의 결과와 많은 차이가 나타나는 것을 알 수 있다.

시간변인에서 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았으나, 전체 소요시간은 0.09 초, 착지 구간에서는 0.04 초, 가속 구간에서는 0.05 초로 각각 늘어났으나 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다($p > .05$). 가속 구간에서 차지하는 비율은 전체 소요시간인 0.97 초 중 0.35 초로 약 36% 를 차지하는 것으로 나타났는데, 이 결과를 선행 연구와 비교해보면, Sabick et al.(2004)은 14세 청소년 투수들을 대상으로 한 결과에서 가속 구간에서 차지하는 값이 55% 로 나타나 본 연구결과와 상당한 차이를 볼 수 있었다. 이러한 차이는 던지기 동작에 있다고 생각되는데, 선행 연구에서는 투수의 투구 동작을 분석하였고, 본 연구에서는 일반적인 던지기 동작에 대하여 분석하였기 때문에 보폭과 팔의 궤적 등의 차이로 인하여 소요시간에 대한 비율 차이가 크게 나타난 것으로 생각된다.

한편, Werner, Suri, Guido Jr., Meister와 Jones(2008)에 의하면, 볼의 속도가 증가된 변인 중 하나가 왼발을 디딘 시점부터 상완이 최대로 외측(external rotation)될 때까지의 시간이 짧을수록 볼의 속도가 빨라진다고 하였다. 본 연구에서는 대상자가 초보자이어서 최대 외측의 시점이 발견되지 않은 연구 대상자가 있어 직접 비교할 수 없었는데, 최대 외측 동작은 던지기 동작 시 부상의 위험은 있지만 볼 릴리즈 속도를 증가시키는 데에 매우 중요한 동작이라고 결론짓고 있다. 따라서 던지기 동작 지도 시 상완의 외측 동작을 할 수 있도록 지도해야 할 것으로 사료된다.

릴리즈 시 볼을 던지는 위치를 살피본 결과 수업 전과 비교하여 수업 후, 볼을 앞에서 던지는 결과를 나타내었으며($p < .01$), 투사 높이는 오히려 낮아졌다($p < .05$). 볼을 앞에서 던진다는 것은 던지기 동작에 있어 중요한 동작으로 볼을 잡고 앞으로 끌고 나오는 시간과 거리를 길게 하여 볼에 더 많은 충격량을 줄 수 있기 때문에 볼의 속도가 빨라지며, 볼에 회전을 많이 줄 수 있는 이점이 있다. 반면, 투사 높이는 낮아졌는데, 이는 수비 포지션의 위치에 따라 던지는 동작이 다른 데에서 그 이유를 찾을 수 있을 것으로 생각된다. 즉, 내야수의 경우 빠른 시간 안에 정확히 던져야 하기 때문에 스리쿼터와 비슷한 동작으로 던지게 되며, 외야수의 경우 정확성은 떨어지더라도 멀리 던져야 하기 때문에 오버 핸드 동작으로 큰 원을 그리게 된다. 비록, 연구에 참여한 학생들의 포지션은 조사하지 못하였으나, 수업 전과 비교할 때 큰 오버 핸드 동작이 아닌, 간결하게 던지기 동작을 한 것으로 사료된다.

각도 변인에서 왼발 착지 시 무릎 각도가 15.60 °에서 23.67 °로 증가하여 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < .05$). 볼 릴리즈 시에서도 무릎 각도가 27.25 °에서 40.33 °로 증가하여 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < .01$). 왼발 착지 시 무릎 각도가 더 많이 굽혀질수록 지면에 발이 닿을 때 충격을 잘

흡수할 수 있는 이점이 있다. 반면, 다른 메이저리그의 투수를 대상으로 한 연구에서는 왼발 착지 시 무릎 각도가 38.5~43.8°의 굴곡 각도를 나타내었고, 릴리즈 시 27.8~39.9°의 굴곡 각도를 나타내어 오히려 릴리즈 시 무릎이 신전되는 결과(Dunn et al, 2007)를 나타내어 본 연구와 상반된 결과를 나타내었다. 이는 무릎을 신전시키는 동작이 왼다리의 균형을 유지하는 데에 도움이 되고 몸통이 앞으로 더 회전할 수 있도록 해주어 던지는 팔에 많은 에너지를 줄 수 있기 때문인 것으로 사료된다. 이러한 동작은 창던지기 동작에서 창 던지는 속도가 빠를수록 무릎이 신전되는 결과와 일치한다(Morriss, Bartlett, 1996). 따라서 본 연구에서 초보자들은 오히려 던질 때 무릎이 굴곡되어 효율적인 동작을 이루지 못하였기 때문에 릴리즈 시 무릎을 신전시킬 수 있도록 지도해야 할 것이다.

릴리즈 시 몸통의 좌우 각도가 20.85°에서 21.89°로 다소 증가한 것으로 나타났으나, 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 몸통이 기울어진다는 것은 몸통의 축이 바로 서지 못하는 것이기 때문에 중심을 잘 잡지 못하게 되고, 볼의 진행 방향과 다른 방향으로 몸이 기울어지는 것이기 때문에 볼에 힘을 주지 못한 결과를 보이게 된다. 이를 뒷받침하는 연구로, 미국의 메이저리그와 마이너리그 투수를 대상으로 한 연구 결과에서도 젊은 집단에서, 볼이 빠를수록 몸통의 좌우 각도가 줄어든다고 보고하였다(Dunn et al, 2007).

한편, Matsuo et al.(2001)은 어깨의 외측 회전속도와 몸통의 전후 굴곡각도가 크면 클수록 볼의 속도가 증가한다고 하였다. 몸통 굴곡 각도가 크게 되면, 가속 구간에서 볼의 이동거리가 길어지기 때문에 더 많은 충격량을 줄 수 있는 이점이 있다. 본 연구에서는 몸통의 굴곡 각도가 20.09°에서 22.27°로 다소 증가하였는데, 투수를 대상으로 한 연구에서 45~55° 사이의 값을 보인 선행연구(Cho et al, 2004; Werner et al, 2008)와 많은 차이를 보이고 있다. 비록 일반적인 던지기 동작이라 투수들을 대상으로 한 연구 결과와는 차이가 많이 났지만, 던지기 동작을 지도할 때 릴리즈 시 상체를 더 많이 숙일 수 있도록 해야 할 것으로 사료된다.

몸통의 회전속도와 어깨의 외측 회전속도, 수평 내전 속도는 볼의 속도를 좌우하는 데에 매우 중요한 요인이다(Werner et al, 2008). 본 연구에서는 수업 전과 비교하여 수업 후 몸통 전후 각속도를 제외한 모든 관절의 각속도가 증가하였으나, 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 이러한 이유로 연구 대상자 6명 중 1, 2명의 결과값이 수업 전보다 적게 나온 경우가 있어 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않은 것으로 판단된다.

V. 결 론

본 연구의 목적은 15주간의 야구 수업을 통하여 던지기 동

작에 어떠한 변화를 나타내었는지, 볼의 속도와 몸통과 상지의 각도, 각속도 등을 비교, 분석하는 데에 있다. 이를 위하여 야구 수업을 받지 않은 대학생 6명을 대상으로 8대의 적외선 카메라와 2대의 지면반력기를 사용하여 3차원 영상분석을 실시한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다. 첫째, 볼의 속도가 수업 전보다 수업 후에서 증가하였다. 둘째, 던지는 동작의 구간별 소요시간은 수업 전후로 차이가 나타나지 않았다. 셋째, 수업 후 볼의 릴리즈 위치가 더 앞으로 이동되었으며 투사 높이는 낮아졌다. 넷째, 왼발 착지 시와 릴리즈 시 수업 전과 비교하여 수업 후에서 무릎을 더 굴곡시켰다. 끝으로 수업 전과 비교하여 골반 각도, 최대 상완 외측 각도가 증가하였다. 추후 연구에서는 각 관절들 간의 협응 관계와 기여도를 분석하여 운동학습적인 측면에서 초보자들의 던지기 동작을 분석할 필요가 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- Atwater, A. E.(1977). Biomechanics of overarm throwing movements and throwing injuries. *Exercise and Sports Science Reviews*, 7, 43-85.
- Bae, W. H.(1992). *A study of Biomechanical factors affecting the ball velocity and the ball control during overarm pitch in baseball*. Unpublished Doctor's Thesis, Graduate School of Kyungpook National University.
- Cho, Y. J., Lee, S. C., Moon, G. S., & Park, J. R.(2004). Analysis of upper body kinematic variable according to difference of ball velocity in baseball pitching. *The Korean Journal of Physical Education*, 43(3), 861-870.
- Dun, S., Fleisig, G. S., Loftice, J., Kingsley, D., & Andrews, J. R.(2007). The relationship between age and baseball pitching kinematics in professional baseball pitchers. *Journal of Biomechanics*, 40, 265-270.
- Feltner, M. E.(1984). *Kinetic and kinematic parameters of the shoulder joint during the overarm baseball throw*. Unpublished Master's thesis. Indiana University.
- Kim, J. M.(2006). *Comparative Analysis of Baseball Catcher's Throwing by Skill Level and Catching Patterns*. Unpublished Master's Thesis, Graduate School of Seoul National University.
- Lee, G. B.(1998). *The kinematic analysis of over-arm fast pitching motion for elementary, high-school and college pitchers*. Unpublished Doctor's Thesis, Graduate School of Seoul National University.
- Lee, G. B., & Chung, C. S.(1996). The kinematic analysis of primary school pitcher's overarm fast pitching motion.

- Journal of the Institute of Sports Science*. 17(2), 27-46.
- Lee, Y. J., & Kim, J. T.(2002). The kinematic analysis of the pitching motion for the straight and curve ball. *Korean Journal of Sport Biomechanics*. 12(2), 109-130.
- Lee, Y. S.(1995). *Comparative analysis of throwing patterns between baseball and handball*. Unpublished Master's Thesis, Graduate School of Seoul National University.
- Lim, J. I., & Seo, J. S.(2004). A comparative study of the baseball pitching patterns between skilled and unskilled players. *The Korean Journal of Physical Education*, 43(5), 415-422.
- Matsuo, T., Escamilla, R. F., Fleisig, G. S., Barrentine, S. W., & Andrews, J. R.(2001). Comparison of kinematic and temporal parameters between different pitch velocity groups. *Journal of Applied Biomechanics*, 17(1), 1-13.
- Morriss, C., Bartlett, R.(1996). Biomechanical factors critical for performance in the men's javelin throw. *Sports Medicine*, 21, 436-438.
- Pappas, A. M., Zawacki, R. B., & Sullivan, T. J.(1985). Biomechanics of baseball pitching. *American Journal of Sports Medicine*, 13, 216-222.
- Sabick, M. B., Torry, M. R. Lawton, R. L., & Hawkins, R. L.(2004). Valgus torque in youth baseball pitchers: A biomechanical study. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 13(3), 349-355.
- Werner, S. L., Murray, T. A., Hawkins, R. J., & Gill, T. J.(2002). Relationship between throwing mechanics and elbow valgus in professional baseball pitchers. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 11, 151-155.
- Werner, S. L., Suri, M., Guido Jr., J. A., Meister, K., & Jones, D. G.(2008). Relationships between ball velocity and throwing mechanics in collegiate baseball pitchers. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 17, 905-908.