KJSB Korean Journal of Sport Biomechanics 2020; 30(2): 165-172
http://dx.doi.org/10.5103/KJSB.2020.30.2.165
http://e-kjsb.org eISSN 2093-9752

ORIGINAL

# Biomechanical Analysis of Throw Movement to Second Base in High School Elite Baseball Catchers

# 고등학교 야구 포수의 2루 송구 동작에 대한 운동역학적 분석

**Sung Yong Kim[1], Jong Chul Park[2], Kyung Seok Byun[3], Hee Young Baek[4]**

[1]Yatap High School, Seongnam, South Korea
[2]Department of Sport Science, Korea Institute of Sports Science, Seoul, South Korea
[3]Vector Biomechanics, Yong-in, South Korea
[4]Department of Sport Science, Ewha Womans University, Seoul, South Korea

**Received : 28 April 2020**
**Revised : 27 May 2020**
**Accepted : 04 June 2020**

**Corresponding Author**
**Jong Chul Park**
Department of Sport Science,
Korea Institute of Sports Science,
727, Hwarang-ro, Nowon-gu,
Seoul, Seoul, 01792, South Korea
Tel : +82-10-4705-7928
Fax : +82-2-970-9686
Email : clebell@naver.com

**Objective:** The purpose of this study was to provide quantitative and objective data of throwing movement in baseball catcher through biomechanical analysis.

**Method:** Eight high school baseball catchers (age: 17.3±0.7 yrs, height: 175.3±4.5 cm, weight: 82.5±9.0 kg, Career: 7.4±2.1 yrs) participated and 3-dimentional motion capture system and electromyography (EMG) were used in this study.

**Results:** The maximum center of mass position displacement was observed in forward direction. The linear velocity magnitude of the upper extremity segments were showed as "wrist>elbow> shoulder" which is indicative of kinematic chain. For kinetic EMG data, we also observed the greater muscle activation in the left brachioradial and erector spine muscles muscle that during throwing movement.

**Conclusion:** We expect that biomechanical data from this study will provide important training implications to baseball coaches and trainers in order to effectively train their baseball catchers.

**Keywords:** Baseball catcher, Throwing movement, Motion analysis, Ground reaction force, Electromyography

## INTRODUCTION

야구 경기에서 수비의 역할은 세분화·전문화·고도화되고 있으며 아마추어에서 프로 수준으로 경기력이 높아질수록 이러한 현상은 두드러지게 나타난다. 특히, 포수는 투수의 공을 받아냄과 동시에 투수의 공 배합을 결정하고 내·외야수들의 수비위치를 조정하는 등 야구 경기의 전체적인 흐름을 판단하는 중요한 역할을 수행하고 있다. 또한 타자주자의 도루 저지를 위한 간결한 송구 동작과 홈 플레이트에서의 블로킹 동작은 경기력에 큰 영향을 미치는 포수의 역할이라 볼 수 있다(Lee, Kim & Lim, 2015).

선행연구에서는 수비와 관련된 요인을 실책 및 실점 등으로 분류하여 분석하였고, 특히 엘리트 야구 경기에서는 세이브 능력, 투수력 등 수비와 관련된 요인들이 팀의 승패에 결정적인 영향을 미친다고 보고하였다(Chea, Cho & Um, 2010; Chea & Song, 2014). 그러나 야구 경기 중 수비력에 큰 비중을 차지하는 포수의 능력에 대한 정량적/객관적 분석은 이루어지지 않았다. 또한, 수비 메커니즘 관련 연구는 주로 투수와 관련된 것으로 구속과 동작의 연관성 및 정확성(Stodden, Fleisig, McLean & Andrews, 2005; Fleisig, Chu, Weber & Andrews, 2009), 구종 간 자세비교(Fleisig et al., 2006; Nissen et al., 2009), 투구 동작 시 근육의 움직임(Campbell, Stodden & Nixon, 2010) 등 운동역학적으로 다양하게 연구했지만, 포수에 대한 정량적 자료는 부족하다.

Copyright © 2020 Korean Journal of Sport Biomechanics
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

일반적으로 포수의 포구 동작은 스트라이크 존을 투수에게 명확하게 보여줄 수 있도록 크고 넓은 자세를 취한다. 하지만 주자가 진루 했을 경우엔, 빠른 2루 송구 동작을 위한 피치아웃 자세를 취하기도 한다(Kim, 2014). 이때, 포수의 어깨와 엉덩이 관절의 유연성은 포구 동작에 매우 중요한 요인으로 작용하는데, 왼쪽 깊숙하게 오는 공에 대한 포구 능력은 어깨 관절의 유연성에 따라 크게 좌우된다(Kim, Lee & Rhyu, 2014). 또한, 포수의 포구 능력은 투수의 심리적 안정에도 영향을 미치게 되는데 포구 후 2루 송구 능력이 우수할 경우, 투수는 주자의 2루 도루에 대한 심리적 압박감이 줄어들고 타자와의 승부에 집중할 수 있게 된다(Mccarver & Peary, 1999).

포수의 2루 송구 동작을 분석한 선행연구에서는 숙련자의 송구 동작은 신체 중심이 낮고 상체의 움직임을 최소화하여 상지와 손의 속도를 높임으로써 보다 빠른 송구 동작을 할 수 있다고 보고하였다(Kim & Lee, 2007). 또한 정상 포구와 피치아웃 포구 동작에 따른 2루 송구 동작 비교 분석에서는 송구 동작 소요시간의 유의한 차이가 없었고, 이는 도루 저지를 위한 2루 송구 능력은 포구 유형만으로 결정되는 것이 아니라고 보고하였다(Kim & Chen, 2010). 하지만 선행연구는 총 4명의 포수가 참여했던 결과였고, 이를 통해 포수의 포구와 송구 동작을 일반화하기에 무리가 있다고 본다. 또한 운동학적 분석으로만 평가되었기 때문에, 포수의 자세 평가 및 송구 동작 분석에 운동역학적 분석이 포함된 보다 심층적인 분석이 요구된다.

따라서 본 연구에서는 3차원 동작 분석과 지면반력 및 근전도를 이용한 운동학/운동역학적 심층 분석을 통해 포수의 2루 송구 동작의 객관적인 자료를 제시하고, 기술적 훈련과 향상을 위한 기초적 자료를 제시하고자 한다.

## METHOD

### 1. 연구대상

본 연구를 위해 근 골격계 질환이 없는 수도권 소재 고등학교 엘리트 야구 포수 선수 8명(17.3±0.7 yrs, 신장 175.3±4.5 cm, 체중 82.5±9.0 kg, 경력 7.4±2.1 yrs)이 참여였다. 실험 전에, 모든 참여자는 연구의 목적 및 절차 등에 대한 설명을 듣고 충분히 이해한 후 자발적으로 참여하였다.

### 2. 실험절차

3차원 동작 분석을 위해 14대의 적외선 카메라(200 Hz, Oqus7+)가 포함된 Qualisys 모션 캡쳐 시스템(Qualisys, SWE)을 사용하였다. NLT 방식을 이용하여 전역 좌표계(x축: 좌우, y축: 전후, z축: 상하)를 설정하였다. 지면반력(Ground Reaction Force) 측정을 통한 운동역학적(Kinetic) 분석을 위해 2대의 지면반력기(2,000 Hz, 9287BA, Kistler, SWI)가 사용되었고, 상지/하지 근육의 근활성도 분석을 위해 근전도(2,000 Hz, Telemyo DTS, Noraxon, USA)가 사용되었다. 3차원 동작 분석을 위해 Visual3D 마커셋 모델링(C-motion, USA)을 이용하여 총 35개의 반사마커를 피험자의 신체에 부착하였고, 이를 통해 총 12개의 관절과 13개의 신체 분절로 인체 모델링을 하였다. 또한 송구 동작 시 상지/하지 근육의 근활성도를 평가하기 위해 총 14개의 상지 근육에 표면전극을 부착하였다. 실험에 참여한 포수의 근활성도를 표준화하기 위해, 최대수의근수축(MVC; Maximum Voluntary Contraction)을 측정하였다. 실험실 상에서의 포수의 송구 동작은 실험실에서 측정했지만, 실제 경기와 동일한 거리의 18.44 m 떨어진 상태에서 투수가 던진 공을 포구한 후, 포구한 후 2루로 송구하는 동작을 연속적으로 측정하였다. 총 5회 이상 포구와 송구를 연속적으로 수행하는 동작을 촬영하였고, 각 선수의 코치 또는 감독이 올바르게 수행했다고 판단되는 3회의 동작을 선택하여 평균 값을 최종 자료 분석에 이용하였다.

### 3. 분석구간

포수의 송구 동작을 정량적으로 분석하기 위해 선행연구에서 제시한 포구와 송구 동작의 시점 및 국면을 수정하여 설정하였다(Kim & Lee, 2007). 동작의 분석 시작 시점(Event 1)은 준비자세(볼 캐치 0.3초 전)에서 시작해서, 볼 캐치(Event 2, 볼이 미트에 들어오는 순간), 볼 그래빙(Event 3, 오른손이 미트에 들어가는 순간), 왼발의 착지(Event 4, 볼을 던지기 전 왼발이 지면에 닿는 순간), 볼 릴리즈(Event 5, 볼이 손에서 떠나는 순간), 팔로우 스윙(Event 6, 던지기가 끝나는 순간)으로 분류하였으며 분석 국면(Phase)은 각 시점 사이의 5국면으로 정의하여 분석하였다(Figure 1).

### 4. 자료처리

본 연구에서는 QTM (Qualisys Track Manager, 2.14)를 활용하여 3차원 동작분석 자료를 수집하였으며 Visual3D (C-motion, USA)을 활용하여 운동학 및 운동역학적 변인을 산출하였다. QTM에서 수집한 반사마커의 위치좌표 원 자료(Raw) 데이터는 저역필터(Low pass filter) 15 Hz를 적용하여 노이즈를 제거하였다. 반사마커의 위치좌표와 생체역학적 인체 모델링을 통해 신체 중심의 위치(Center of Mass Position) 변화와 상지 관절(손목, 팔꿈치, 어깨)의 움직임과 골반/몸통의 각운동의 운동학적 변인을 산출하였다. 송구 동작의 운동역학적(Kinetic) 변인은 3축(x, y, z)에서 발생하는 지면반력 데이터를 이용하였고, 좌측/우측에서 발휘하는 최대 지면반력을 산출하여 분석하였다. 지

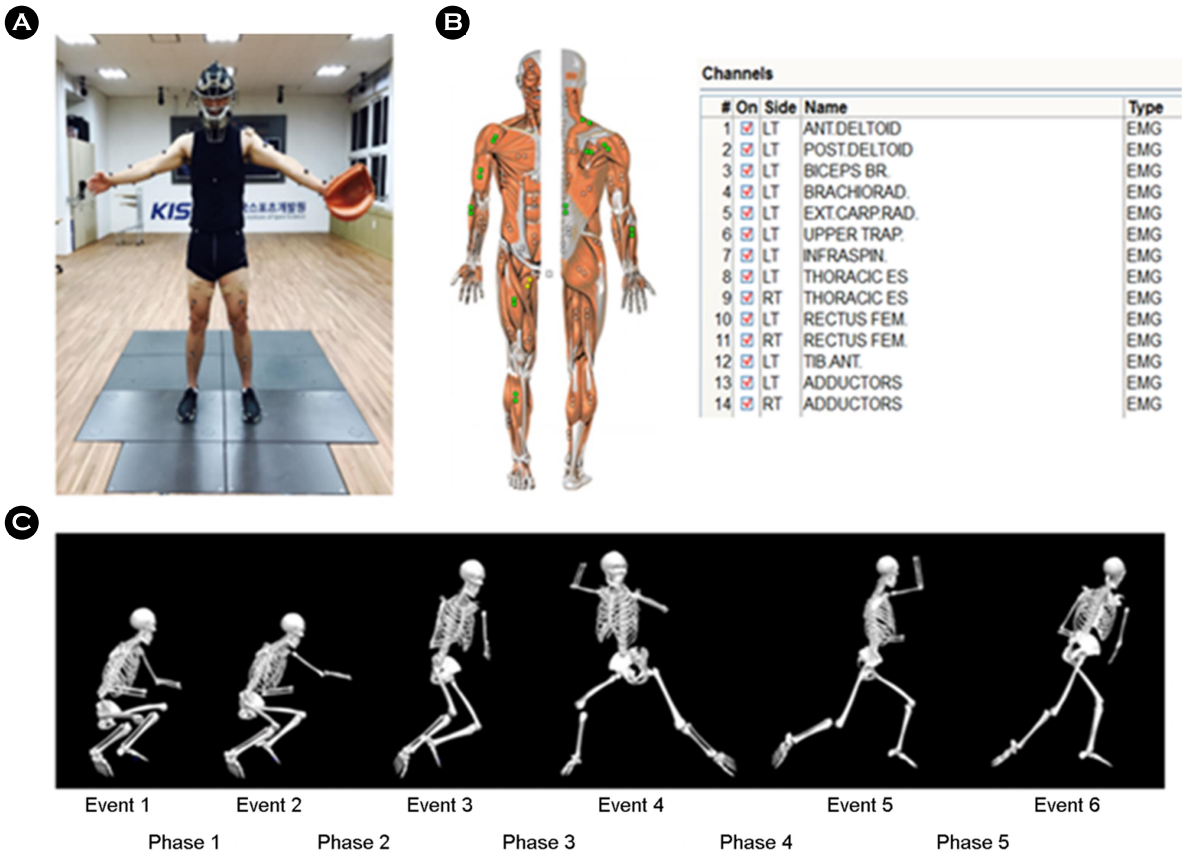


**Figure 1.** (A) Marker set, (B) EMG Electrode attachment, (C) Events and phases of catching and throwing movement

**Table 1.** Center of mass position & maximum velocity

| | Position (%Height) | | | | | | Max velocity (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | |
| X | 0 | 3.7±2.2 | 6.5±2.5 | 8.5±3.7 | 11.4±4.1 | 11.5±4.3 | 0.36±0.10 |
| Y | 0 | 4.7±1.8 | 12.9±4.3 | 36.3±7.9 | 59.1±7.9 | 67.6±9.2 | 1.75±0.19 |
| Z | 25.5±1.4 | 27.5±2.0 | 38.5±4.1 | 45.7±1.6 | 46.4±1.1 | 48.6±2.9 | 1.21±0.09 |

면반력 원자료(Raw) 데이터는 저역필터(Low pass filter) 30 Hz를 적용하여 노이즈를 제거한 후 분석에 사용하였다. 또한, 근전도 신호의 경우 근육의 수축 및 이완 시 발생하는 근전도 신호 이외의 노이즈를 제거하기 위하여 대역필터(Band pass filter, 20~450 Hz)를 적용하였으며, 신호의 정류(Rectification)과 정과 선형화를 위하여 RMS (Root Mean Square)를 50 ms로 적용한 후, 근육의 근활성도를 분석하였다. 본 연구에서는 기술통계법에 근거하여 포수의 2루 송구 동작에서 나타나는 운동학/운동역학적 변인에 대한 평균 및 표준편차를 산출하여 제시하였다.

## RESULTS

### 1. 신체중심 위치 및 최대 속도

포수의 송구 동작 시 나타난 신체 중심의 위치 변화는 각 피험자의 신장에 영향을 받기 때문에 표준화(%Height)하였다. 신체 중심의 전후 및 좌우위치 이동은 Event 1을 원점으로 설정하여 산출하였다(Table 1).

이벤트별 신체 중심 좌우위치는 준비에서 마지막 팔로우 스윙까지 우측 방향으로 조금씩 이동하는 것으로 나타났고 전후

Table 2. Pelvic, trunk rotation & maximum angular velocity

| | | Pelvic | Trunk |
|---|---|---|---|
| Rotation(deg) | Max counter clockwise | 41.76±13.89 | 71.37±14.82 |
| | Max clockwise | -96.04±20.21 | -106.96±12.14 |
| Range of motion (deg) | | 137.80±16.22 | 178.33±21.68 |
| Maximum rotation angular velocity (deg/s) | | 533.53±77.68 | 610.75±77.51 |

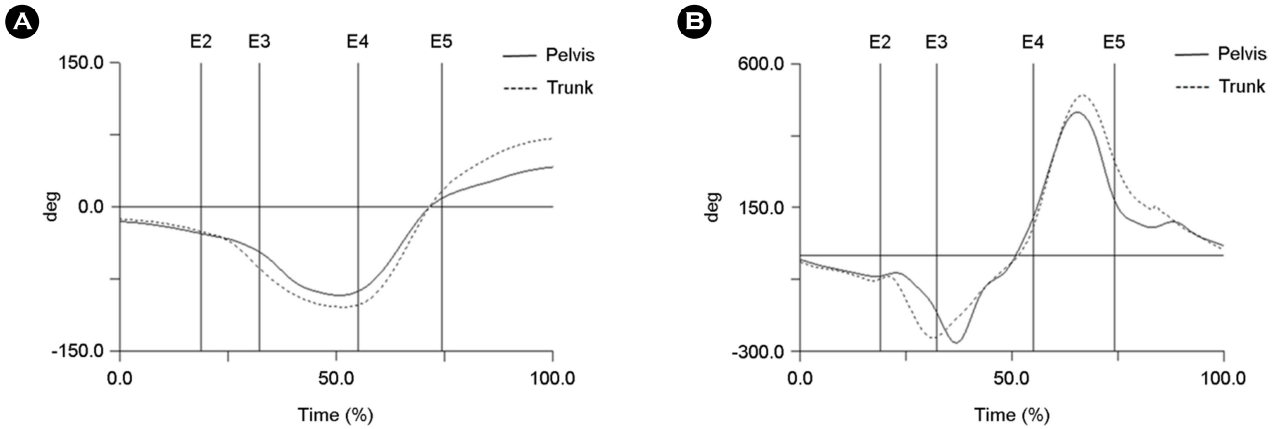


Figure 2. (A) Angular displacement of pelvis and trunk movement, (B) Angular speed of pelvis and trunk movement

위치는 준비에서 마지막 팔로우 스윙까지 점점 전진 방향으로 이동하는 것으로 나타났다. 수직위치는 준비에서 마지막 팔로우 스윙까지 점차 위쪽 방향으로 이동하는 것으로 나타나 전진 방향으로 가장 많이 움직이는 것으로 나타났고, 위쪽 방향, 우측 방향 순으로 신체 중심 이동위치가 많은 것으로 나타났다. 신체 중심의 최대 속도는 전후, 수직, 좌우의 순서로 나타났다.

## 2. 골반, 몸통 회전각도 및 최대 각속도

포수 2루 송구 시 나타난 이벤트별 골반 및 몸통회전 각도는 수직축(Z축)을 기준으로 회전한 각도로 정의하여 산출하였으며 각 방향의 최대값을 제시하였다. 골반 및 몸통의 회전각도는 양의 값일 경우 좌측으로 회전한 것을 의미하며 음의 값일 경우 우측으로 회전한 것을 의미한다(Table 2, Figure 2).

골반의 회전은 준비자세에서 왼발 착지까지는 우측으로 회전하다가 볼 릴리즈 및 팔로우 스윙 시점에서는 좌측으로 회전하는 것으로 나타났다. 최대 좌측 회전각도는 41.76±13.89 deg로 나타났고 최대 우측 회전각도는 -96.04±20.21 deg로 나타나 포수 2루 송구 시 나타난 골반의 가동범위는 137.80±16.22 deg로 나타났다. 골반과 마찬가지로 몸통의 회전은 준비자세에서 왼발 착지까지는 우측으로 회전하다가 볼 릴리즈 및 팔로우 스윙 시점에서는 좌측으로 회전하는 것으로 나타났다. 최대 좌측 회전각도는 71.37±14.82 deg로 나타났고 최대 우측 회전각도는 -106.96±12.14 deg로 나타나 포수 2루 송구 시 나타난 몸통의 가동범위는 178.33±21.66 deg로 나타났다. 골반 및 몸통의 최대 회전 각속도를 살펴보면 골반 최대 회전 각속도 533.53±77.68 deg/sec, 몸통 최대 회전 각속도 610.75±77.51 deg/sec로 나타나 몸통의 최대 회전 각속도가 골반의 최대 회전 각속도보다 약 77 deg/sec 정도 빠르게 회전한 것으로 나타났다.

## 3. 상지관절 최대 합성 선속도

포수 2루 송구 시 나타난 상지 관절의 합성 선속도는 전체 구간 중 최대 합성 선속도 및 상지 관절 최대 합성 선속도의 발현 시점을 산출하였다(Table 3, Figure 3).

상지 관절 최대 합성 선속도를 살펴보면 어깨 관절 3.34±0.60 m/sec, 팔꿈치 관절 7.95±1.12 m/sec, 손목 관절 10.15±2.05 m/sec로 나타나 세 관절 중 가장 근위 관절인 어깨 관절이 가장 느린 최대 합성 선속도를 나타내었고 가장 원위 관절인 손목 관절이 가장 빠른 합성 선속도를 나타내었다. 손목 관

**Table 3.** Magnitude of maximum linear velocity (MLV) at upper extremity joints and events information

| | Magnitude of MLV (m/s) | Events (sec) |
|---|---|---|
| Shoulder | 3.34±0.60 | 0.77±0.07 |
| Elbow | 7.95±1.12 | 0.79±0.07 |
| Wrist | 10.15±2.05 | 0.87±0.09 |

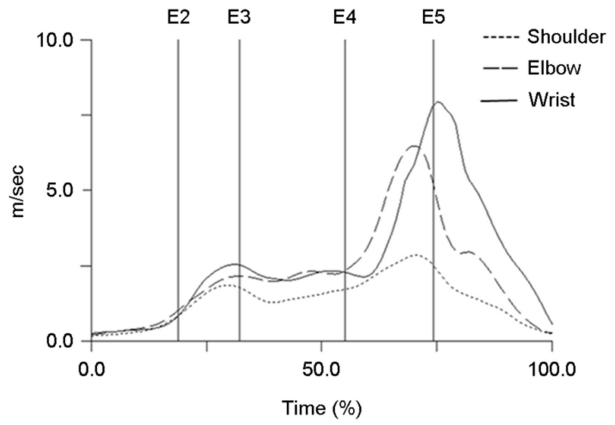


**Figure 3.** Changes of linear velocity of upper extremity joints

절과 어깨 관절에서 나타난 최대 합성 선속도는 약 7 m/sec의 차이를 보였다. 최대 합성 선속도 발현 시점은 볼 캐치(Event 2) 시점을 기준으로 산출하였다. 이에 대한 결과를 살펴보면 어깨 관절 0.77±0.07 sec, 팔꿈치 관절 0.79±0.07 sec, 손목 관절 0.87±0.09 sec로 나타나 어깨 관절, 팔꿈치 관절, 손목 관절 순으로 최대 합성 선속도가 발현되었다는 것을 확인할 수 있다.

## 4. 지면반력

포수 2루 송구 시 준비자세에서 나타난 지면반력은 수직축(Z축) 힘 값을 활용하여 좌우 비율으로 환산하여 제시하였다. 포수 2루 송구 시 전체 구간에서 나타난 최대 지면반력은 좌우축(X축), 전우축(Y축), 수직축(Z축)으로 분류하여 산출하였다. 좌우축 최대 지면반력에서 양(+)의 값은 우측 방향으로 힘을 의미하고 음(–)의 값은 좌측 방향으로 힘을 의미한다. 전후축 최대 지면반력에서 양(+)의 값은 전진 방향으로 힘을 의미하고 음(–)의 값은 후진 방향으로 힘을 의미한다. 또한 최대 지면반력은 각 피험자의 체중에 영향을 받게 된다. 따라서 최대 지면반력은 각 피험자의 체중으로 표준화(%BW, Body weight)하여 제시하였다(Table 4).

포수 2루 송구 시 준비자세에서 좌우 지면반력 비율은 좌측 발 42.9±4.4%, 우측 발 57.1±4.4%로 나타나 우측 발에 약 15% 정도 힘을 더 가하는 것으로 나타났다. 전체 구간에서 나타난 좌우축(X축) 최대 지면반력을 살펴보면 좌측 발에서는 우측 방향, 우측 발에서는 좌측 방향으로 좌우측 발에서 상반된 방향으로 힘이 작용하는 것으로 나타났다. 전후축(Y축)에서 나타난 최대 지면반력을 살펴보면 좌측 발 26.5±8.6 %BW, 우측 발 17.4±7.6 %BW로 나타나 좌측 발이 우측 발에 비해 약 9 %BW 정도 힘이 더 작용한 것으로 나타났다. 수직축(Z축)에서 나타난 최대 지면반력을 살펴보면 좌측 발 103.4±19.3 %BW, 우측 발 74.2±8.7 %BW로 나타나 좌측 발이 우측 발에 비해 약 29 %BW 정도 힘이 더 작용한 것으로 나타났다.

**Table 4.** Ratio (%) between ground reaction forces in left and right sides, maximum ground reaction force

| Event 1 | | Ratio (%) |
|---|---|---|
| Left | | 42.9±4.4 |
| Right | | 57.1±4.4 |
| Maximum | | Force (%BW) |
| Left | X | 21.1±8.1 |
| | Y | 26.5±8.6 |
| | Z | 103.4±19.3 |
| Right | X | -10.6±2.5 |
| | Y | 17.4±7.6 |
| | Z | 74.2±8.7 |

## 5. 근활성도

야구 포수의 2루 송구 시 나타나는 근활성도 변인은 최대 수의근수축 활성도(MVC)를 기준으로 표준화된 비율(%MVC)을 사용하였고 상지 및 하근 근육으로 분류하여 산출하였다(Table 5).

포수 2루 송구 시 나타난 상지 근육의 평균 근활성도를 살펴보면 좌측 척추기립근이 가장 큰 평균 근활성도를 보였고 좌측 극하근 > 좌측 장요측수근신근 > 좌측 완요골근 > 우측 척추기립근 > 좌측 전면 삼각근 > 좌측 상완이두근 > 좌측 상부승모근 > 후면 삼각근 순서로 큰 활성도를 나타냈다. 최대 근활성도를 살펴보면 평균 근전도와 다르게 좌측 완요골근이 가장 큰 최대 근활성도를 보였고 좌측 극하근 > 좌측 척추기립근 > 좌측 장요측수근신근 > 좌측 전면삼각근 > 좌측 상완이두근 > 우측 척추기립근 > 좌측 후면삼각근> 좌측 상부승모근 순서로 큰 활성도를 나태내 평균 근활성도와 최대 근활성도의 크기에 대한 순서는 다소 차이가 나타났다. 하지 근육

**Table 5.** Normalized muscle activation (%MVC) of upper and lower limb muscles during throwing movement

| | Mean ± SD | Max ± SD |
|---|---|---|
| Anterior deltoid left | 21.7±9.0 | 75.5±14.0 |
| Posterior deltoid left | 14.3±5.1 | 59.4±16.4 |
| Biceps brachii left | 18.1±5.1 | 69.5±11.9 |
| Brachioradial left | 29.6±11.7 | 87.8±4.8 |
| Extensor carpi radialis longus left | 32.5±5.1 | 79.9±6.5 |
| Upper trapezius left | 14.7±5.6 | 57.6±10.6 |
| Infraspinatus left | 33.2±5.1 | 85.1±6.6 |
| Erector spinae left | 34.6±11.4 | 80.2±11.8 |
| Erector spinae right | 27.6±10.1 | 65.2±13.1 |
| Rectus femoris left | 35.0±13.1 | 84.4±7.0 |
| Rectus femoris right | 42.1±12.8 | 83.0±5.6 |
| Adductors left | 25.4±15.7 | 55.0±7.2 |
| Adductors right | 19.0±6.5 | 55.8±12.1 |
| Tibialis anterior left | 24.5±3.2 | 66.6±10.9 |

의 평균 근활성도는 우측 대퇴직근이 가장 큰 것으로 나타났고 좌측 대퇴직근 > 좌측 내전근 > 좌측 전경골근 > 우측 내전근 순서로 큰 활성도를 나타냈다. 최대 근활성도를 살펴보면 평균근전도와 다르게 좌측 대퇴직근이 가장 큰 최대 근활성도를 보였고 우측 대퇴직근 > 좌측 전경골근 > 좌측 내전근 > 우측 내전근 순서로 큰 활성도를 보여 평균 근활성도와 최대 근활성도의 크기에 대한 순서는 다소 차이가 나타났다.

## DISCUSSION

포수의 2루 송구 능력은 한 팀의 수비력에 큰 비중을 차지한다. 포수 송구 능력은 정확성, 투구 동작의 신속성, 볼의 속도 요인이 중요하다(Kim, 2014). 신체 중심의 위치 변화를 각각의 동작 분석 시점(events)에 따라 분석하였다. 각 시점별 신체 중심위치의 변화는 전진 방향으로 가장 크게 나타났는데 이는 빠른 2루 송구를 위하여 2루와의 거리를 최대한 좁히기 위해 평균적으로 약 67 %Height 정도 전진한 것으로 판단된다. 변화양상은 3국면에서 가장 큰 이동거리를 나타내었다. 3국면은 투수의 공이 포수의 미트에 들어온 순간부터 송구하기 전 왼발이 지면에 닿는 시점까지의 국면으로써, 공을 던지는 상지 움직임(4국면의 동작)의 가속력을 극대화하기 위한 핵심적인 구간으로 판단된다(Plummer & Oliver, 2013). 또한, 신체 중심의 수직위치 변화 양상은 2국면에서 가장 큰 것으로 나타났는데 이는 포수 2루 송구 시 볼을 캐치하기 직전 순간부터 앉은 자세에서 일어나기 시작하는데 이로 인해 나타난 현상이라고 판단된다. 이러한 결과는 신체 중심의 최대 속도에서도 확인할 수 있는데 신체 중심의 최대 수직 속도의 경우 2국면에서 발현한다는 것을 확인할 수 있었다. 2루 송구를 최대한 빨리하기 위해서는 볼 캐치 후 신체 중심이 위쪽으로 최대한 빠르게 이동해야 하는데 2국면에서 수직 속도를 극대화하여 빨리 일어선 후 볼 릴리즈 직전인 4국면까지 전진 속도를 극대화하여 2루로 송구하는 것으로 나타났다.

야구의 송구 동작은 골반 및 몸통에서 발생하는 회전을 이용하여 상완, 전완, 손으로 유기적으로 이어지면서 이루어져야 효과적인 송구를 할 수 있게 된다. 따라서 최초로 회전이 이루어지는 골반 및 몸통의 회전은 상당히 중요하다. 본 연구의 운동학적 분석에서 골반 및 몸통의 각운동 양상을 살펴보면 골반 및 몸통의 회전력을 높이기 위해 골반과 몸통은 우측 회전이 먼저 발생한 후, 왼발의 착지 시점부터 좌측으로의 회전이 이루어진 것으로 나타났다. Hay (1993)는 효과적인 회전 운동은 안정된 근위 분절로부터 발생하는 회전 운동의 운동량이 원위 분절까지 연속적으로 전이되는 채찍 모형(whip-like pattern)으로 나타난다고 보고하였다. 본 연구의 결과를 살펴보면 근위 분절인 골반의 관절 가동범위보다 원위 분절인 몸통의 관절 가동범위가 평균적으로 약 41도 크게 나타났다. 전체 구간에서 나타난 골반 및 몸통의 최대 회전각속도 값과 연계해서 살펴보면 골반의 최대 회전각속도 보다 몸통의 최대 회전각속도가 약 77도/초 정도의 속도가 빠르게 나타났는데 이는 Hay (1993)의 선행연구에서 설명한 채찍 이론과 일치하는 결과라고 판단된다. 본 연구에서 나타난 포수의 송구 동작에 대한 운동학적 결과와 선행연구를 볼 때, 효율적인 송구 동작을 위해서는 몸통 회전 운동의 중요성이 강조되어야 한다. English & Howe (2007)는 공을 던지는 투구 동작은 몸통의 회전 운동이 중요함을 강조했으며, 필라테스와 같은 훈련을 통해 체간의 강화로 인해 투구 능력이 상승되었다고 보고하였다.

어깨 관절로부터 이루어지는 최대 합성 선속도는 팔꿈치, 손목을 거쳐 볼의 릴리즈가 이루어지는 손까지 이어지게 되는데 상지 관절의 빠른 선속도는 빠른 볼 속도로 이어지게 된다. 이러한 상지 관절의 최대 합성 선속도는 높은 도루 저지율과 깊은 관련성이 있는 송구 동작의 중요한 요인으로 보고되었다(Kim, 2014). 상지 관절 별 최대 합성 선속도 역시 Hay (1993)의 채찍 이론과 일치하는 결과를 보였는데 최대 합성 선속도의 빠르기는 손목 > 팔꿈치 > 어깨의 순으로 나타나 포수의 송구 동작은 근위 분절로부터 원위 분절로까지 유기적으로 움직임이 이루어진 것으로 나타났다.

또한 지면반력 데이터를 통한 운동역학적 분석에서는, 공을 던지기 위한 준비 자세 구간에서 신체의 우측으로 약 14% 정

도 체중 이동이 된 상태로 준비하는 것으로 나타났는데, 이는 빠른 2루 송구 동작을 위하여 몸통을 우측으로 기울이거나 회전한 상태로 준비자세를 취하는 것을 확인할 수 있었다. 체중의 과도한 이동은 신체의 전체적인 균형을 깨뜨리고, 자연스럽게 다음 동작을 수행하는데 어려움을 줄 수 있기 때문에, 적절한 비율을 유지하는 것이 중요하다고 판단된다. 또한, 2루 송구 동작은 좌우 방향이 아닌 전후 방향으로 이동한 후 송구되는 동작으로, 전후 방향의 최대 지면반력 값이 좌우 방향보다 크게 나타났다. 이러한 전후/좌우 값에 대한 지면반력 자료를 통해 포수의 체중 이동이 효율적으로 이루어지고 있는지 또는 진행하고자 하는 방향으로 힘이 전달되고 있는지에 대한 정보를 알 수 있을 것으로 판단된다.

포수의 송구 동작에서 나타난 상지 근육의 활성도는 좌측 완요골근이 가장 큰 근활성도를 보였다. 또한, 좌우 척추기립근이 비교적 크게 활성화 되었는데 2루로 송구할 때 회전력을 극대화하기 위해 몸통을 빠르게 회전하게 되므로 다른 근육에 비해 크게 활성된 것으로 판단된다. 하지 근육의 활성도를 살펴보면 좌우 대퇴직근의 경우 80 %MVC 이상의 근활성도를 보였는데, 이는 앉은 자세에서 빠르게 일어난 후 전방으로 이동하기 때문에 나타난 결과라고 판단된다. 80 %MVC 이상의 근활성도는 근력을 상당히 크게 사용하는 동작을 수행했다고 볼 수 있다.

## CONCLUSION

본 연구의 목적은 3차원 동작분석과 지면반력 및 근전도를 이용한 운동학/운동역학적 심층 분석을 통해 포수의 2루 송구 동작의 객관적인 자료를 제시하고, 기술적 훈련과 향상을 위한 기초적 자료를 제시하는데 있다.

본 연구의 다양한 형태의 운동역학적 결과들은 포수들의 훈련시스템을 효율적으로 구축하는데 긍정적인 영향을 미칠 것으로 본다. 특히, 포수 육성 시 각 개인의 특성에 맞는 운동 훈련 프로그램이 제공된다면 현장에서 효율적으로 선수들을 지도할 수 있을 것이라고 판단된다. 추후 연구에서는 보다 다양한 포수 동작(블로킹, 뜬공 캐치, 1루 및 3루 송구 등)을 측정하여 더욱 세분화된 포수 운동 수행 능력에 대한 정량적인 자료를 제시할 수 있을 것을 기대한다.

## ACKNOWLEDGEMENT

This study was compiled from Sung-Yong Kim's doctoral dissertation.

## REFERENCES

Campbell, B. M., Stodden, D. F. & Nixon, M. K. (2010). Lower extremity muscle activation during baseball pitching. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *24*(4), 964-971.

Chea, J. S., Cho, E. H. & Um, H. J. (2010). Comparisons of the Outcomes of Statistical Models Applied to the Prediction of Post-season Entry in Korean Professional Baseball. *Korean Society of Measurement and Evaluation for Physical Education and Sports Science*, *12*(1), 33-48.

Chea, J. S. & Song, J. K. (2014). Performance Analysis and a Forecasting Model for The Short-Term Series in The Korean Professional Baseball League. *Korean Journal of Sport Science*, *25*(1), 92-107.

English, T. & Howe, K. (2007). The effect of pilates exercise on trunk and postural stability and throwing velocity in college baseball pitchers: single subject design. *North American Journal of Sports Physical Therapy: NAJSPT*, *2*(1), 8.

Fleisig, G., Chu, Y., Weber, A. & Andrews, J. (2009). Variability in baseball pitching biomechanics among various levels of competition. *Sports Biomechanics*, *8*(1), 10-21.

Fleisig, G. S., Kingsley, D. S., Loftice, J. W., Dinnen, K. P., Ranganathan, R., Dun, S. ... & Andrews, J. R. (2006). Kinetic comparison among the fastball, curveball, change-up, and slider in collegiate baseball pitchers. *The American Journal of Sports Medicine*, *34*(3), 423-430.

Hay, J. G. (1993). *The Biomechanics of Sports Techniques*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Kim, J. J. (2014). *What is baseball catcher doing?* Seoul: Brain Store.

Kim, J. M. & Chen, Y. J. (2010). Comparative Analysis of Baseball Catcher's Throwing by Catching Patterns. *The Korean Society of Sports Science*, *19*(4), 1469-1478.

Kim, J. M. & Lee, Y. S. (2007) Comparative Analysis of Baseball Catcher's Throwing by Skill Level. *International Journal of Coaching Science*, *9*(2), 225-235.

Kim, J. T., Lee, S. S. & Rhyu, H. S. (2014). Effects of Shoulder Static Stretching on Pitching Velocity, Flexibility, Musculoskeletal Pain and Neuromuscular Fatigue in High School Baseball Players. *Korean Acadaemy of Kinesiology*, *16*(1), 63-73(11 pages).

Lee, Y. S., Kim, Y. R. & Lim, T. H. (2015). Conceptual Exploration for Baseball Performance Analysis Assessment. *The Korean Society of Sports Science*, *24*(3), 535-546.

Nissen, C. W., Westwell, M., Õunpuu, S., Patel, M., Solomito, M. & Tate, J. (2009). A biomechanical comparison of the fastball and curveball in adolescent baseball pitchers. *The American Journal of Sports Medicine*, *37*(8), 1492-1498.

Mccarver, T. & Peary, D. (1999). *Tim McCarver's Baseball for Brain Surgeons and Other Fans: Understanding and Interpreting the Game So You Can Watch it Like a Pro*. Villard Books.

Plummer, H. & Oliver, G. D (2013). Quantitative analysis of kinematics and kinetics of catchers throwing to second base. *Journal of Sports Sciences*, *31*(10), 1108-1116.

Stodden, D. F., Fleisig, G. S., McLean, S. P. & Andrews, J. R. (2005). Relationship of biomechanical factors to baseball pitching velocity: within pitcher variation. *Journal of Applied Biomechanics*, *21*(1), 44-56.