



직구와 커브 투구동작의 운동학적 비교 분석

이 영 준* · 김 정 태**

국 문 요 약

따라서 본 연구의 목적은 국가대표 · 수준급 대학 우수 야구 투수를 대상으로 한 3차원 영상분석을 통한 데이터를 가지고 직구 · 커브볼에 대한 구간별 운동학적 패턴을 비교 분석하여 자료를 제시하는데 있다. 본 연구는 부산 D대학교 우완 오버핸드 투수 가운데 국가대표 2명과 수준급 대학선수 2명, 총 4명을 대상으로 직구 · 커브 투구시 구간별로 나타나는 여러 운동학적 변인의 차이를 비교 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 직구 및 커브볼 투구시 구간별, 국면별 투구시간은 거의 비슷하게 나타났으며, 직구의 총 소요시간은 1.78 ± 0.07 초이며, 커브 총 소요시간은 1.77 ± 0.11 초로 나타났다. 직구 및 커브볼 투구시 Z(상 · 하)방향에 대한 신체 중심의 위치변화는 구간별, 국면별 거의 차이가 나지 않았다. 직구 및 커브볼 투구시 왼쪽 다리의 무릎높이는 각각 125.38 ± 11.85 cm, 124.95 ± 11.63 cm로 큰 차이가 없었다. 신장대비율(%H)로는 직구, 커브 각각 68.42 ± 5.53 (%H), 68.40 ± 5.45 (%H)로 나타났다. 직구 및 커브볼 투구시 스트라이드 거리는 각각 140.35 ± 4.96 cm, 144.83 ± 1.69 cm로 커브 투구시 더 많은 스트라이드 거리를 보였다. 직구 및 커브볼 투구시 왼쪽 슬관절 각도는 ST 구간과 LKU 구간, HBP 구간에서는 별 차이가 없었지만 LFC, MCP, BRP구간에서는 직구보다 커브 투구시 슬관절 각도가 더 굴곡 된 것으로 나타났다. 직구 및 커브볼 투구시 오른쪽 견관절 각도는 ST 구간과 LKU 구간, HBP 구간에서는 별 차이가 없었다. 직구 및 커브볼 투구시 오른쪽 주관절 각도는 ST 구간, LKU 구간, HRP 구간에서는 별 차이가 없었다. LFC구간과 MCP구간에서는 직구보다 커브가 다소 많이 굴곡되었고, BRP구간에서는 직구, 커브 모두 다 근소한 차로 신전 된 것으로 나타났다. 직구 및 커브볼 투구시 오른쪽 수관절 각도는 LFC 구간과 MCP 구간에서는 커브가 직구보다 더 신전 되었다. 그리고 BRP 구간은 직구가 커브보다 더 신전 된 것으로 나타났다.

주제어 : 야구, 커브투구동작, 운동학

2002년 10월 10일(목) 접수

* 대학원생, 경상남도 창원시 사림동 9번지 창원대학교 자연과학대학 체육학과

** Corresponding author, 교수, 641-773 경상남도 창원시 사림동 9번지 창원대학교 자연과학대학 체육학과
연락처 : jtkim@sarim.changwon.ac.kr

I. 서 론

1. 연구의 필요성 및 목적

야구의 관심사는 투수가 투구시 어떤 볼을 가지고 타자를 상대할 것인가 혹은 시합 중 성공적인 투구를 위해서 기본적인 빠른 볼과 어떤 변화구를 사용할 것인가에 경기의 승·패를 가름 짓는 잣대가 될 수 있기 때문에 다른 포지션의 선수에 비해 경기의 의존 비율이 높다.

투수의 능력이란 투수가 공을 정확하고 빠르게 던질 수 있는 투구를 말하는 것이며, 투구에서 투구의 정확성과 속도는 투구 과정의 결과로서, 그 과정은 공이 릴리스(release)되는 지점, 목표방향, 시간을 정확하게 맞추어야 한다(Gibson & Elliott, 1987). 투구과정에 따른 투구동작에 가장 결정적인 요인은 MER(maximal external rotation)부분이며, 정확한 투구과정을 위해서는 여러 가지 부수적인 요인들이 따라야 한다. 즉, 정확성을 겸비한 최대한 속도를 발휘하여 투구하는 전 구간동안 신체 분절의 원활한 협응에 의한 자세가 유지되어야 한다.

지금까지의 야구 투수의 투구에 대한 국내의 선행연구를 살펴보면, 이진섭(1994)은 투수의 직구와 커브볼 투구시 영상분석을 통한 상지의 비교에 대해서 연구하였고, 이영석(1995)은 야구와 핸드볼 공 던지기시의 동작을 비교분석 하였다. 이진범(1998)은 초·고등·대학교 투수의 빠른 오버 암 피칭 동작에 대하여 비교 분석하였으며, 김정주(1989)는 야구선수의 경력에 따른 상지변화를 의학적 고찰로 접근하였다. 한태륜과 김상규 등(1996)은 한국 프로야구 투수의 투구동작을 구간별 동적 양상을 분석하였고, 또한 안병화(1992)는 인체를 다분절동력계(multi-body dynamics system)로 보고 강체운동역학(rigid-multi-body dynamics system)의 원리를 적용하여 운동방정식 즉 수학적모델을 이용하여 투구동작을 적용하였다. 그리고 배원환(1992), 안병화, 허구연(1997) 등은 볼 컨트롤에 가장 중요한 요인으로 추정되는 볼을 뿌리는 손가락 동작을 정밀하게 분석하였다.

이 외에 투구와 관련된 국외의 연구로서는 Hay(1985)의 투구속도와 제구력에 관한 연구를 하였고, 또한 투구동작의 모형화 연구(Atwater, 1979; Feltner & Dapena, 1986; Pappas 등 1985; Spieth, 1977), 숙련도에 따른 투구 비교연구(Gibson & Elliot, 1987; Yuichi-Hirano, 1987)등이 있으며, Jordan(1988)은 커브볼을 투구의 기술에 있어서 가장 중요한 직구를 효과적으로 던지기 위한 수단으로서 추천하였다.

야구 경기에서 스피드가 있고 컨트롤이 좋은 공을 던지는데는 올바르게 공을 쥐고 투구하는 것이 무엇보다 중요한데, 이른 투구의 기술에는 크게 직구와 변화구로 나누어진다. 변화구는 다시 커브, 슬라이더, 스크루 볼, 포크 볼, 너크 볼, 팜 볼, 체인지 업 등으로 나눌 수 있는데, 그 중 커브는 팔을 휘두르는 방향으로 구부리기 때문에 부담이 적은 변화구이다. 또한 변화구 중에서도 가장 던지기 쉬운 공이며, 투수가 공을 던질 때에는 반드시 필요한 투구 기술중의 하나이다.

그러나 야구의 투구시 직구와 커브의 투구 기술이 중요한 요소를 차지함에도 불구하고 야구의 투구 동작 분석에서는 Elliot(1986), Shinji(1992), 이진섭(1994) 등의 직구와 커브볼간의 투구 동작에 대한 분석이 있을 뿐 이외에 뚜렷한 연구가 없다. 그 이유는 목표방향, 경력, 선수 등급, 속도의 차이 등과 같은 많은 어려움이 있으며, 그 결과 대부분의 연구가 숙련자와 비숙련자의 제한된 요인에 끝나고 있다. 그러므로 우리나라 선수들의 직구 커브볼의 투구 동작 분석을 보다 많이 이루어져야 한다.

따라서 본 연구의 목적은 국가대표·수준급 대학 우수 야구 투수를 대상으로 한 3차원 영상분석을 통한 데이터를 가지고 직구·커브볼에 대한 구간별 운동학적 패턴을 비교 분석하여 자료를 제시하는데 있다.

2. 연구의 문제

본 연구에서는 오버 핸드 형태의 와인드 업 포지션 상태에서 직구와 커브 투구를 했을 때 왼발이 지면에서 떨어지는 시점부터 공이 손에서 떨어지는 시점까지의 구간별 소요시간, 신체중심의 위치, 왼쪽 무릎의 최고 높이, 스트라이드, 수관절과 각 하지관절의 각도를 비교 분석하였다.

3. 연구의 제한점

본 연구에서는 직구와 커브 투구시 주요 관절의 운동학적 변인을 비교 분석하기 위하여 마운드에서의 와인드 업 투구시 직구는 135 ~ 140Km/h, 커브는 120 ~ 125Km/h로 스트라이크존은 포수 오른쪽 무릎에 완전히 들어왔을 때의 동작만을 분석하였다.

4. 용어의 정의

본 연구에 사용된 용어의 정의는 다음과 같다.

- 1) 릴리스(release) : 손끝에서 볼이 떨어져 나가는 순간
- 2) 왼쪽 무릎의 최고 높이(lead knee up) : 지면에 닿아있는 오른쪽 발부터 지면에서 떠있는 왼쪽 무릎까지의 높이
- 3) 스트라이드 거리(stride length) : 투수의 왼발 뒷꿈치부터 오른발 엄지발가락까지의 거리

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 2001년 현재 대한 야구 연맹에 선수등록이 되어있는 D대학의 야구 선수 중 오른손 잡이 오버 핸드 투수 가운데 국가대표 2명과 수준급 대학선수 2명, 총 4명을 선정하였다. 이들의 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 피험자의 신체적 특성

이름	신장(cm)	체중(kg)	연령(yr)	상완(cm)	전완(cm)	손(cm)
K.O.W	184	81	24	32	26.5	19
L.J.M	182	78	23	31.5	26	19.5
K.B.C	186	85	22	32	27.5	20
L.S.H	178	76.6	23	30	26.3	20.5
M	182.50	80.15	23.00	31.37	26.58	19.75
SD	3.42	3.72	0.82	0.95	0.65	0.65

2. 실험도구

본 연구에 수행하기 위한 촬영 장비와 영상 분석 및 자료 처리 장비는 <표 2>와 같다.

표 2. 실험도구

구분	모델명
영상분석도구	16mm 고속 카메라 필름 통제점 틀 Panasonics D-5100 Fuji Film co. XP120 DLT control object
자료분석도구	디지털이징 시스템 분석용 프로그램 컴퓨터 SANYO GVR-5955 SONY PVM-1942Q KWON 3D 2.1 Pentium 586

3. 실험방법

3차원 영상분석을 하기 위하여 공간좌표 설정을 하였다. 공간좌표 설정은 통제점 틀을 이용하였으며, 피험자의 모든 동작을 포함할 수 있을 정도의 범위로 세우고 그 통제점 틀을 중심으로 4대의 카메라를 상대각 60°로 이루도록 유도하였다. 비디오 카메라 노출시간은 1/5000sec로 하였고, 촬영 속도는 60f/secd이며, 비디오 카메라가 서로 마주보지 않도록 하였다.

마운드상에서의 실험이므로 통제점 틀의 기울기는 양 모서리에 고정된 철심을 심고 난 뒤 물 눈금자로 수평을 맞춘 후에 촬영을 실시하였다. 통제점틀 촬영은 최소 1분을 하였고, 좌표화는 한 기점을 기준점으로 한 후 총 18개의 점을 순서대로 좌표화하고 이런 과정을 5번 반복하여 컴퓨터에 저장하였다. 실 공간 좌표의 기준점은 진행방향으로부터 틀의 오른쪽 맨 아래점으로 하고, 운동방향인 전후방향을 Y축으로, 좌우방향을 X축으로 지정했으며, 지면에 대하여 위쪽 수직방향을 Z축으로 하였다.

또한 각 대상자들의 인체 분절의 해부학적 관절점을 쉽게 알아볼 수 있도록 선수 모두 하위 검은 색 타이즈만을 착용토록 하였다. 또한 충분한 워밍업을 통해 환경변화에서 오는 여러 조건에 적응하도록 사전 연습을 실시 한 후 마운드에 올라가도록 하였다. 마운드에서의 직구·커브 투구는 실제 시합시와 같은 전력투구를 하도록 했으며, 직구는 135Km~140Km/h, 커브는 120~125Km/h로 성인용 공인구(149g)를 사용하였다. 영상 분석시 세밀한 부분을 정확하고 용이하게 하기 위하여 촬영시 활동범위를 최대한 크게 잡았으며, 피험자의 관절점에 랜드마크(land mark)를 부착하여 실험을 하였다. 그리고 실험실시 중에는 촬영속도를 일정하게 유지하기 위하여 계속 비디오 카메라를 작동시켜 녹화하였다. 실험 절차에 따른 도구 배치 장면은 <그림 1>과 같다.

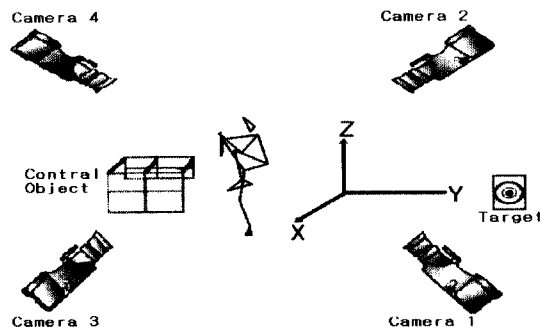


그림 1. 도구 배치

4. 자료처리 방법

본 연구에서 통제점 좌표화와 인체 관절 중심점의 좌표화, 인체 계측, 동조, DLT방법에 의한 3차원 좌표 계산과 자료의 스무딩을 위해 KWON(1993)이 개발한 프로그램을 사용하였으며, 자료 분석 과정에서 Excel(version7.0)을 사용하였다.

통제점들에 대한 좌표화는 틀내에 있는 한 점을 기준점으로 좌표화한 후 1번으로부터 위에서 좌 방향으로, 아래에서 위 방향으로 순서에 따라 좌표화 하였다. 실 공간 좌표의 기준점(Reference Point)은 진행방향으로부터 틀의 중앙 상단 위쪽으로 하고 또한 운동방향과 같은 전후방향을 Y축으로 하고 좌우방향을 X축으로 지정했으며, 지면에 대하여 위쪽 수직방향을 Z축으로 하였다. 인체관절의 중심점의 좌표화는 투구를 하기 위한 반동동작 즉, 왼쪽 다리가 뒤로 가고 나서 오른쪽 다리가 투구발판을 디딜때를 시작하여 릴리즈 후 2~3프레임까지로 하였다. 연구 대상자의 각 중심 위치 등을 추정하기 위한 인체 분절자료는 Yeadon-Kwon(1993)을 이용하였으며(총 68개), 카메라의 동조는 1, 2, 3, 4번 카메라에서 얻은 자료를 동기화 시키기 위하여 3차 스플라인 함수(Kubic spline function)를 이용한 보간법을 이용했으며, 촬영속도를 60frame/sec로 하고, 각 프레임(frame)당 동조의 시간 간격을 0.015초로 하여 2차원 좌표값을 구하였다. 3차원 좌표계산은 DLT(Direct Linear Transformation) 방법을 사용하였다. 이 방법은 Abbel-Aziz와 Kararah(1971)에 의해서 개발되었으며, Shapiiro(1978) 등에 의해 확인되고, Walton(1981)에 의해 실용화된 방법이다. 2차원 좌표 상으로부터 3차원 좌표의 계산은 여러 가지 원인에 의해 노이즈(noise)가 발생하는데, 이러한 노이즈에 의한 오차를 제거하기 위하여 스무딩(smoothing)을 실행하였다.

5. 분석변인

연구 대상자의 투구동작을 6개의 구간별과 4개의 국면별로 나누어 직구·커브 투구시 각 구간·국면별 소요시간, 각 구간·국면별 신체 중심의 이동과 이동 범위, 왼쪽 무릎의 최고 높이, 각 구간·국면별 사용자 정의각을 분석하여 평균(M)과, 표준편차(SD)를 구하였다.

1) 구간별 설정 기준과 투구단계의 정의

- (1) 동작시작(start : ST) : 왼발이 지면에 떨어지는 순간
- (2) 왼쪽 무릎의 최고 높이(lead knee up : LKU) : 왼발의 무릎이 가장 높이 들어올리는 순간
- (3) 양손 벌어지기(hand break point : HBP) : 왼쪽 다리를 앞으로 내밀면서 테이크 백을 시작한 시점, 오른손이 가장 낮게 내려오고 뒤로 벌어지기 직전의 순간
- (4) 왼발의 착지(lead foot contact point : LFC) : 왼쪽 다리를 투구 방향으로 내민 시점 즉, 들린

다리가 착지하는 시점

- (5) 최대 코킹(max cocking point : MCP) : 팔 전체를 외측으로 비트는 동작, 최대로 팔이 휘어진 (외회전)상태(maximal external rotation)된 순간
- (6) 릴리스(ball release point : BRP) : 공이 손에서 떠나는 순간

2) 투구 단계 정의(구분)

- (1) 예비 단계 : (ST~LKU~HBP)
- (2) 초기 코킹 단계 : (HBP~LFC)
- (3) 후기 코킹 단계 : (LFC~MCP)
- (4) 가속 단계 : (MCP~BRP)

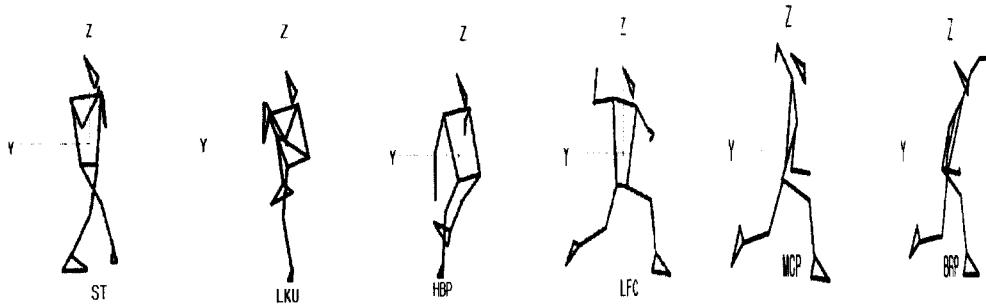


그림 2. 투구 단계 구분

IV. 연구 결과 및 결과

1. 투구시간

투수의 오른쪽 발이 투수발판의 디딤과 동시에 투수의 왼쪽 발이 떨어지기 시작하여 공이 손에서 릴리스 되기 직전까지의 시간과 구간별 소요 시간은 <표 3>과 같다.

표 3. 투구시간 (단위 : sec)

구분	LKU	HBP	LFC	MCP	BRP
직구	0.81±0.04	1.38±0.11	1.66±0.06	1.73±0.06	1.78±0.07
커브	0.79±0.07	1.37±0.11	1.64±0.12	1.72±0.12	1.77±0.11

* LKU : lead knee up HBP : hand break point LFC : lead foot contact
 MCP : max cocking point BRP : ball release point

국가대표·수준급 대학 투수가 투구할 때 왼쪽 발이 투수판에서 떨어지기 시작하여 공이 손에서 릴리스되기 직전까지 소요 시간은 직구의 경우 1.78 ± 0.07 초이며, 커브의 경우 1.77 ± 0.11 초였다. 각 구간별로 왼쪽 무릎을 가장 높이 들어올린 순간(LKU)은 직구의 경우 0.81 ± 0.04 초, 커브의 경우는 0.79 ± 0.07 초였으며, 오른손이 가장 밑으로 내려오는 지점(HBP)은 1.38 ± 0.11 초, 1.37 ± 0.11 초였다. 왼쪽 발이 완전히 착지한 순간(LFC)은 직구 1.66 ± 0.06 초, 커브 1.64 ± 0.12 초였으며, 오른팔의 최대로 휘고 외회전된 상태 즉, 최대 코킹 순간(MCP)은 직구 1.73 ± 0.06 초 1.72 ± 0.12 초였다. 그리고 볼이 릴리스 되는 순간까지의 시간(BRP)은 1.78 ± 0.07 초, 1.77 ± 0.11 초였다.

투구 단계의 예비 단계(ST~LKU~HBP), 초기 코킹 단계(HBP~LFC), 후기 코킹 단계(LFC~MCP), 가속 단계(MCP~BRP)에 따른 각 국면별 소요 시간은 직구의 경우 0.81 ± 0.04 초, 0.58 ± 0.09 초, 0.27 ± 0.05 초, 0.07 ± 0.01 초, 0.05 ± 0.01 초였으며, 커브의 경우는 0.79 ± 0.07 초, 0.58 ± 0.09 초, 0.27 ± 0.04 초, 0.08 ± 0.01 초, 0.05 ± 0.01 초로 나타났다.

따라서 국가대표·수준급 야구 투수의 직구와 커브 투구시 총 소요시간은 거의 비슷하게 나타났다. 그리고 직구와 커브 투구시 각 구간별 소요시간과 각 국면별 소요시간 또한 거의 동일하게 나타났다.

Gibson & Elliot(1987)은 투수의 기법과 관련하여, 나쁜 투구는 주로 연구 대상자의 투구 시간의 길이(각 국면별 소요시간)에 의해 투구 기술의 차이가 나타났다고 하여 각 국면별 소요시간을 강조하였는데, 본 연구에서의 각 국면별 소요시간을 선수 각 개인의 전체 소요시간에 대한 백분율로 나타낸 평균치로 보면, 예비 단계(ST~LKU~HBP)에서는 소요시간에 대한 평균(%)은 직구의 경우 45.51%, 32.58%로 나타냈고, 커브의 경우에는 44.63%, 32.77%로 거의 동일하게 나타났다. 초기 코킹 단계(HBP~LFC)에서의 소요시간에 대한 평균(%)은 직구, 커브 각각 15.17%, 15.24%로서 비슷한 소요시간을 보였다. 후기 코킹 단계(LFC~MCP)에서의 소요시간에 대한 평균(%)은 3.93%, 4.52%로 직구 투구시 이 구간이 약간 빠른 동작을 보였다. 그리고 마지막 가속 단계(MCP~BRP)단계에서의 소요시간에 대한 평균(%)은 직구, 커브 각각 2.81%, 2.82%로 거의 동일하게 나타났다.

전체 투구시간을 평균치로 보면 직구 커브 모두 다 거의 같은 수치로 나타났고, 국면별 소요시간도 거의 같은 수치로 나타냈으나, 단지 후기 코킹 단계(LFC~MCP)구간에서는 직구 투구시 소요시간이 조금 빠른 결과를 나타낸 것으로 보아 직구 투구시 가속이 조금 빨리 붙은 것으로 생각되어지며, 종합적으로 볼 때는 거의 동일한 소요시간이 나타났다. 이러한 결과에 대한 해석으로는 본 연구 대상자들이 수준급 선수인 만큼 직구와 커브 투구에 대한 동작시간과 동작의 형태가 일관성이 있는 것으로 생각된다.

2. 신체 중심의 위치변화

각 투구의 구간별(ST, LKU, HBP, LFC, MCP, BRP) 신체 중심에 대한 위치 변화는 <표 4>와 같이 나타났다.

표 4. 신체 중심의 위치변화

(단위: cm)

구 분		ST	LKU	HBP	LFC	MCP	BRP
직 구	X	70.05±3.86	47.98±4.85	41.43±2.89	41.70±3.28	41.25±4.64	41.13±5.35
	Y	140.13±3.61	118.85±2.87	81.33±10.06	14.95±5.05	0.23±1.34	-6.33±2.10
	Z	98.10±4.26	112.85±1.57	84.75±1.69	74.40±5.93	68.63±7.45	66.53±8.11
커 브	X	63.53±4.60	46.50±6.29	41.18±3.74	38.40±3.84	37.13±6.36	36.95±6.40
	Y	145.28±10.73	119.85±2.49	81.65±7.94	19.90±4.19	2.90±3.38	-3.43±4.58
	Z	98.0±4.33	112.98±1.39	84.65±1.69	74.85±4.67	68.50±5.69	66.55±6.08

* ST : start

투수의 왼발이 떨어지기(ST) 시작하여 볼이 손에서 떠나는 구간(BRP)까지, Z(상·하)방향에 대한 신체 중심의 높이는 직구 투구시 98.10±4.26cm, 112.85±1.57cm, 84.75±1.69cm, 74.40±5.93cm, 68.63±7.45cm, 66.53±8.11cm로 나타났으며, 커브 투구시 98.0±4.33cm, 112.98±1.39cm, 84.65±1.69cm, 74.85±4.67cm, 68.50±5.69cm, 66.55±6.08cm로 나타났다.

투구 단계 정의에 관한 예비 단계(ST ~ LKU ~ HBP), 초기 코킹 단계(HBP ~ LFC), 후기 코킹 단계(LFC ~ MCP), 가속 단계(MCP ~ BRP)의 X(좌·우)방향에 대한 신체 중심은 직구 투구시 22.08±2.30cm, 6.55±2.82cm, 0.30±2.82cm, 0.48±1.60cm, 0.13±0.78cm이며, 커브 투구시 17.03±6.64cm, 5.33±3.72cm, 2.78±6.53cm, 1.28±2.95cm, 0.18±2.54cm로 나타났고, Y(전·후)방향은 직구 투구시 21.28±3.38cm, 37.53±12.90cm, 66.38±7.75cm, 14.73±3.91cm, 6.55±2.83cm이고, 커브는 25.43±10.93cm, -38.20±8.12cm, 61.75±7.21cm, 17.00±4.71cm, 6.33±2.44로 위치 변화를 나타내었다. Z(상·하)에 대한 구간별 위치 이동은 직구의 경우 14.75±3.88cm, 28.10±2.35cm, 10.35±5.30cm, 5.78±1.84cm, 2.10±0.82cm로 나타났고, 커브는 14.98±4.34cm, 28.33±2.64cm, 9.80±5.08cm, 6.35±1.27cm, 1.95±0.42cm로서 신체 중심의 변화를 보였다.

신체 중심의 진행방향과 위치변화는 그 운동이 시작되고 끝나는 지점에 대한 결과로 산출되어지는데, 본 연구에서의 직구와 커브 투구시 Z(상·하)방향에 대한 각 구간별 직구와 커브의 신체 중심의 위치는 모두 큰 차이가 나지 않았으나, Y(전·후)방향에 대해서는 직구 투구시 왼발의 착지 구간(LFC)에서부터 볼의 릴리스 구간(BRP)까지 신체 중심이 앞으로 더 많이 쏠린 것으로 나타났다. X(좌·우)방향에 대한 각 구간별 좌표위치는 연구 대상자의 투구 위치가 각각 다르므로 그 정확성은 신뢰할 수 없지만, 각 국면별 위치변화를 보면 직구 보다 커브 투구시 몸의 비틀림이 상대적으로 조금 큰 것으로 나타났다.

위의 결과를 종합적으로 볼 때 신체 중심 높이는 큰 차이는 없었는데, 이것은 앞서 서술했듯이 수준급 선수들의 일관성 있는 투구에 대한 결과라 생각되어진다. 그러나 전·후 방향에 대해서는 커브보다 직구 투구시 신체 중심이 더 앞에 있는 것으로 보아 직구 투구는 신체의 회전이 거의 앞에서 이루어진 결과라 생각되어지며, 좌·우 방향에 대해서는 직구보다 커브가 다소 국면별 회전이

있는 것으로 보아 커브 투구를 위한 물리적 힘 즉, 회전을 얻기 위한 동작이 조금이나마 나타난 결과라 여겨진다.

본 연구에서는 Z(상·하)방향에 높이는 직구, 커브 거의 비슷하게 나타났지만 다른 연구와 비교한 결과 약 13cm의 높은 수치를 나타내었다. 이러한 결과에 대해 배원환(1992)은 볼의 릴리스와 체구력에 영향을 미치는 요인 중 보폭의 크기는 긍정적인 상관관계를 보였으나 신체 중심의 높이는 부정적인 상관 관계가 나타났다고 보고하였다.

따라서 신체 중심의 변화는 스트라이드 거리와 착지시 오른발 왼발 사이의 간격이 릴리스되는 순간의 신체 중심 높이를 결정하는 중요한 요인이라고 사료되어진다.

3. 왼쪽 무릎의 최고 높이

투구 동작 중 확연히 나타나는 예비 단계에서는 가속구면을 위한 감속구면이 있는데 이 지점이 왼쪽 다리를 최대한 높이 들어올리는(LKU) 지점 즉, 왼쪽 무릎의 최대 높이이다. 직구와 커브 투구 시 왼쪽 무릎의 높이는 <표 5>와 같다.

표 5. 왼쪽 무릎의 최고 높이 (단위: cm)

구 분	소 요 시 간	Z
직 구	0.81±0.04	125.38±11.85
커 브	0.79±0.07	124.95±11.93

Z : 상·하 방향

가속 구간을 위한 감속 구간의 준비 중 추진 다리가 움직이기 시작하여 왼 무릎이 올라간 시점의 최대 높이는 직구 투구시 125.38±11.85cm로 나타났으며, 커브는 124.95±11.63cm로 나타났다. 왼쪽 무릎에 대한 신장대비율(%H)은 직구의 경우 68.42±5.53%H, 커브의 경우 68.40±5.45%H로 나타났다. 좌·우(X)방향에 대한 좌표는 18.33±6.15cm, 17.53±7.98로 나타났고, 전·후(Y)방향인 좌표는 119.15±12.47cm, 123.98±11.16cm로 나타났다.

예비 단계에서 왼쪽 다리를 최대한 높이 들어올렸을 때(LKU)의 무릎 높이는 우선 직구와 커브 투구시 모두 거의 같은 높이를 위치하였다. 신장 대비율(%H)로는 직구의 경우 68.42±5.53%H, 커브의 경우 68.40±5.45%H로 나타났다.

이건범(1998)은 왼 무릎의 높이와 관련하여 투구 유형을 긴 스트라이드 투구 유형(무릎 높이가 낮다.)과 투수 다리를 높이 들어 내 던지는 투구 유형(무릎 높이가 높다.)으로 나누었다. 그 결과 본 연구에서는 후자인 다리를 높이 들어 내 던지는 유형인 것으로 생각된다. 이 구간의 중요성은 가속을 위

한 준비 구간이면서 에너지의 폭발적인 힘을 얻기 위한 감속구간으로 그 중요성을 점칠 수가 있는데, 본 연구에서는 직구와 커브 투구시 왼 무릎의 높이에 대해서는 큰 차이는 없었으나 이진범의 연구보다는 본 연구가 상대적으로 높은 무릎의 높이를 나타내었다. 이에 Gibson & Elliot(1987)은 왼 무릎의 높이와 관련하여 연구한 결과 왼 무릎은 대퇴를 지면과 평행하도록 권장하고 있으며, 그것은 불안정한 자세에서 무릎을 높게 올리면 신장에 비해 스트라이드 거리를 무리하게 하여 비효율적인 투구를 한다고 하였다. 그러나 이진범(1998)은 신장 대비율에 따른 무릎의 높이에 대하여 훈련 경험이 많은 투수는 상대적으로 훈련 경험이 적은 투수에 비해 왼쪽 다리를 높이 들어 올려 위치 에너지를 얻어 운동 에너지로 전환시키려는 동작 유형을 보이는 것이라 서술하였다.

이에 종합적으로 볼 때 본 연구가 다른 연구보다 다소 높은 신장 대비율은 불안정한 자세라 보기 힘들다는 생각이 들며, 만약 무릎이 최대 높이에 있을 때 균형 상태가 되어 있다고 가정을 한다면 신장 대비율에 알맞는 무릎의 높이를 찾을 수 있을 것이나 아직 선행연구에서는 그러한 연구결과는 없는 것으로 본다. 따라서 각 개인의 신장 대비율에 알맞는 왼쪽 무릎의 높이를 더 많이 연구를 할 필요가 있다고 사료된다.

4. 스트라이드 거리

<표 6>에서와 같이 국가대표·수준급 대학 야구 투수의 스트라이드 거리는 다음과 같이 나타났다.

표 6. 스트라이드 거리 (단위: cm)

구 분	소 요 시 간	LFC
직 구	1.66±0.06	140.35±4.96
커 브	1.64±0.12	144.83±1.69

왼발이 최고 높은 지점(LKU)을 지나 가속을 일으키기 위해 오른손이 최고 낮은 지점(HBP)까지 내려오면 감속구간에서 가속구간을 위한 착지(LFC) 구간이 이루어진다. 이 부분의 착지 다리인 왼발의 뒷꿈치와 오른발의 앞꿈치의 거리는 직구인 경우에는 140.35±4.96cm, 커브인 경우에는 144.83±1.69cm로 나타났다. 스트라이드 거리에 대한 신장대비율(%H)은 직구의 경우 76.95±3.37%H, 커브의 경우 79.39±2.23%H로 나타났다.

후기 코킹 단계에서의 왼발의 착지(LFC)지점의 스트라이드 거리는 직구보다 커브 투구시 더 긴 경향을 나타내었다. 신장 대비율(%H)로는 직구 투구시 76.95±3.77%, 커브 투구시 79.39±2.23%로 나타났다.

Elliot(1986)는 국가 대표 투수 6명을 대상으로 한 3차원 분석 동작에서는 직구와 커브볼 투구시 빠른 볼을 던질 때에는 커브 볼을 던질 때보다 스트라이드 거리가 더 긴 경향을 보였다고 보고하여 본 연구와는 상반된 결과로 나타났다. 이러한 원인은 직구의 경우 위에서 아래로 내려 쥘 수직성

분의 힘보다 커브의 위에서 옆으로 변하는 볼의 수평성분의 힘을 더하기 위하여 스트라이드 거리가 더 긴 것으로 사료되어진다. 또한 연구 대상자의 기능수준의 차이와 커브볼 투구시 볼을 조금 더 끌고 가는 경향, 커브볼 투구에 대한 몸의 회전의 차이로 생각되어진다.

효율적 투구를 위한 스트라이드 거리에 대하여 배원환(1992)은 스트라이드 거리의 크기가 제구력 간에 긍정적인 상관관계가 있으며, House(1994)은 될 수 있는 한 투수의 신장만큼 스트라이드 거리를 넓혀야 한다고 하였고, Schutzler(1980)은 엄격하게 스트라이드 거리를 투수 신장의 81.6~90.0%를 해야 한다고 주장하고 있다. 그러나 동양인을 대상으로 국외의 연구를 살펴보면 Hirano(1987)의 일본 프로야구 투수의 스트라이드 거리가 75.1%에 불과 하며, 국내 연구와 동양 선수의 연구를 대상으로 한 연구의 대부분은 이 범위 안에 속한다고 생각되어진다. 이에 이진범(1998)은 동양인의 체격에는 적용하기에는 적합하지 않다고 말하고 있다. 따라서 분명 스트라이드 거리가 효율적인 투구에 영향을 미친다고 본다면 서양 체격에 맞는 스트라이드 거리 보다는 우리나라 선수에 맞는 스트라이드 거리를 좀더 점층적으로 연구해야 될 것으로 사료된다.

5. 왼쪽 슬관절 각도변화

왼발이 지면에 떨어지는 순간부터 시작하여 왼발의 무릎이 가장 높이 들어올리는 순간, 오른손의 최고 낮은 순간, 왼쪽 다리를 투구 방향으로 착지하는 순간, 최대로 팔이 외회전 된 순간, 그리고 공이 손에서 떠나는 순간의 왼쪽 다리 관절의 각도변화는 <표 7>, <그림 3>에서 보는 바와 같다.

표 7. 구간별 왼쪽 슬관절 각도변화 (단위: deg)

구분	ST	LKU	HBP	LFC	MCP	BRP
직구	154.71±4.68	68.76±10.45	148.98±12.38	116.03±7.21	121.76±10.85	128.93±15.16
커브	154.71±4.68	67.33±8.59	146.12±7.40	110.30±5.49	118.90±7.21	126.06±6.62

구간별 ST, LKU, HBP, LFC, MCP, BRP에 대한 직구 투구시 슬관절 각도는 각각 154.71±4.68°, 68.76±10.45°, 148.98±12.38°, 116.03±7.21°, 121.76±10.85°, 128.93±15.16° 로 나타났으며, 커브는 각 구간별 154.71±4.68°, 67.33±8.59°, 146.12±7.40°, 110.30±5.49°, 118.90±7.21°, 126.06±6.62° 로 나타났다. 직구와 커브 투구시 국면별 투구 단계의 예비 단계(ST~LKU~HBP), 초기 코킹 단계(HBP~LFC), 후기 코킹 단계(LFC~MCP), 가속 단계(MCP~BRP)의 예비 단계에서 ST~LKU지점의 각도의 변화는 직구 85.96±14.03°, 커브 87.38±9.79° 로 나타났고, LKU~HBP지점의 직구·커브 슬관절 변화는 80.23±6.62°, 78.79±5.49° 로 나타났다. 초기 코킹 단계는 32.95±16.46°, 65.81±9.79° 의 변화를 나타냈다. 후기 코킹 단계는 직구·커브 각각 5.73±6.62°, 8.60±3.31° 그리고 가속 단계에서는 각각 동일하게 7.16±5.49° 로 나타났다.

국가대표·수준급 야구 선수의 왼쪽 슬관절 각도의 변화는 직구와 커브 투구시 예비 구간(ST~LKU~HBP)에 대해서는 큰 차이가 없으나 왼발의 착지 시점부터 커브가 직구보다 낮은 각도를 이루고 있었다. 다시 말해서 커브가 직구보다 슬관절 굴곡 현상을 보였는데 이러한 결과의 해석으로는 앞서 서술한 스트라이드의 거리에 대한 작용이라고 생각된다. 즉, 직구보다 커브의 스트라이드 거리가 길어 왼발의 착지 시점부터 볼 릴리스 지점까지 상대적으로 낮은 각도를 이룬 것으로 생각되어지며, 또한 커브 투구의 볼의 궤적상태를 보아 커브 투구시 인체의 중심을 낮게 하여 투구의 안정성과 수평성분의 힘을 더 높이기 위한 것으로 사료된다.

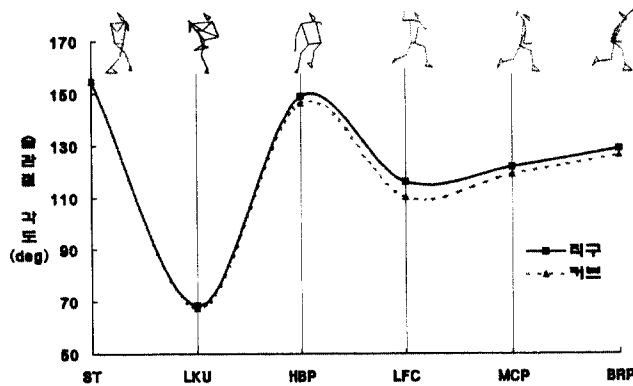


그림 3. 구간별 왼쪽 슬관절 각도변화

6. 오른팔 견관절 각도변화

왼발이 지면에 떨어지는 순간(ST)부터 시작하여 왼발의 무릎이 가장 높이 들어 올리는 순간(LKU)과 오른손의 최고 낮은 지점(HBP), 왼쪽 다리를 투구 방향으로 착지하는 시점(LFC)과 최대로 팔이 외회전 상태된 순간(MCP), 그리고 공이 손에서 떠나는 순간(BRP)의 왼쪽 다리 관절의 각도변화는 <표 8>, <그림 4>와 같이 나타났다.

표 8. 구간별 견관절 각도변화 (단위: deg)

구분	ST	LKU	HBP	LFC	MCP	BRP
직구	74.49±53.14	34.39±4.68	41.54±15.78	87.38±5.49	93.11±5.49	113.17±12.71
커브	76.92±53.91	40.11±9.36	41.29±14.73	91.68±4.68	90.25±5.49	101.71±8.59

직구·커브 투구시 ST구간에서는 74.49±53.14°, 76.92±53.91°의 각도로 나타났으며, LKU구간은 34.39±4.68°, 40.11±9.36°, HBP구간에서는 41.54±15.78°, 41.29±14.73°로 나타났다. 왼발이 완전

히 착지한 구간(LFC)은 $87.38 \pm 5.49^\circ$, $91.68 \pm 4.68^\circ$ 로 나타났고, 팔 전체를 외측으로 비트는 동작(MCP)인 구간은 $93.11 \pm 5.49^\circ$, $90.25 \pm 5.49^\circ$ 의 각도로 나타내었다. 그리고 공이 떠나는 순간(BRP)인 지점의 각도는 직구 $113.17 \pm 12.71^\circ$, 커브 $101.71 \pm 8.59^\circ$ 로 나타났다. 국면별 투구 단계에 대한 예비 단계(ST~LKU~HBP), 초기 코킹 단계(HBP~LFC), 후기 코킹 단계(LFC~MCP), 가속 단계(MCP~BRP)의 슬관절의 변화 각도는 직구의 경우 각각 $40.11 \pm 56.34^\circ$, $7.16 \pm 13.53^\circ$, $45.84 \pm 13.23^\circ$, $5.73 \pm 10.46^\circ$, $20.06 \pm 10.97^\circ$ 로 나타났으며, 커브는 각각 $36.81 \pm 60.42^\circ$, $1.18 \pm 11.37^\circ$, $50.39 \pm 12.30^\circ$, $1.43 \pm 5.49^\circ$, $11.46 \pm 9.36^\circ$ 로 나타났다.

직구·커브 투구시 전체적으로 볼 때는 커브가 직구보다 견관절의 각도가 더 굴곡된 것으로 나타났다. 먼저 ST구간에서는 직구, 커브 모두 다 큰 차이는 없었으나 ST 구간에서의 큰 표준편차는 예비동작인 가슴에서 준비중인 동작과 또 하나 두 손을 머리 뒤로 준비중인 동작의 차이로 나타난 것이라 생각되어 진다. 그리고 먼저 왼발의 최고 높은 지점에서의 견관절 각도는 직구 투구시 견관절의 각도가 상대적으로 작게 나왔으며, 오른손의 최고 낮은 지점의 견관절 각도는 비슷했다. 에너지의 축적이 시작되는 왼발의 착지(LFC) 지점에서는 직구투구시 더 견관절이 더 굴곡현상을 나타냈으며, 어깨의 최대 외회전(MCP) 지점과 볼이 떠나는 시점(MCP)의 각도는 커브 투구시 더 굴곡 현상을 나타내었다.

위와 같은 결과에 대해 선행연구에서, Shinji(1993)는 직구와 커브볼 투구시 어깨 관절에 대하여 유의한 차이를 발견하지 못하였다고 하였으나, Elliot(1986)은 직구와 커브 투구시 견관절의 변화를 정량화 하지만 못했지만 직구와 커브 투구시 변화의 폭이 있다고 하였다. 이에 배원환(1992)의 연구에서는 속도에 영향을 미치는 영향 중 어깨관절의 각도가 작을수록 공 속도는 증가하였다는 연구와 상반되게 도리어 본 연구에서는 커브 투구시 견관절 각도가 낮게 나타났다. 이러한 원인의 해석으로는 앞서 서술했듯이 직구의 경우에는 위에서 아래로 내려 쏘는 수직 성분의 힘이 더 많이 존재하며, 커브는 위에서 옆으로 변화는 수평성분의 힘이 더 많이 존재한 것으로 판단되며, 그리고 또 하나 손가락 사용 방법에 의해서 이루어진 것이라 사료된다.

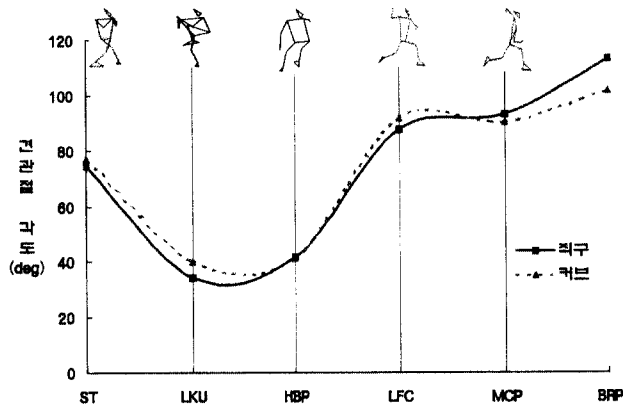


그림 4. 구간별 견관절 각도변화

7. 오른팔 주관절 각도변화

직구와 커브의 투구에 있어서 왼발이 투수판을 디딤과 동시에 투구에서 볼 속도에 영향을 주는 핸드 브레이크 구간(HBP)과 왼발의 착지(LFC), 던지는 팔의 최대 외회전(MCP), 볼이 떠나는 시점(BRP)의 주관절 각도의 변화는 다음의 <표 9>, <그림 5>에서 보는 바와 같다.

표 9. 구간별 주관절 각도변화 (단위: deg)

구분	ST	LKU	HBP	LFC	MCP	BRP
직구	73.06±8.59	57.30±8.10	153.28±14.32	65.90±24.08	93.11±15.07	121.76±9.79
커브	72.88±5.69	55.87±2.87	157.58±9.92	58.73±16.46	81.65±14.33	121.76±7.74

동작 시작 시점(ST)에서의 주관절 각도는 직구의 경우 $73.06 \pm 8.59^\circ$ 이며, 커브는 $72.88 \pm 5.69^\circ$ 였다. 왼쪽 무릎을 가장 높이 들어올린 순간(LKU)은 직구의 경우 $57.30 \pm 8.10^\circ$ 커브는 $55.87 \pm 2.87^\circ$ 이었다. 오른손이 가장 밑으로 내려온 지점(HBP)의 직구·커브 각각 $153.28 \pm 14.32^\circ$, $157.58 \pm 9.92^\circ$ 이었다. 왼발의 착지한 지점(LFC)의 직구·커브의 각도는 각각 $65.90 \pm 24.08^\circ$, $58.73 \pm 16.46^\circ$ 이었고, 공을 던지기 위해 최대로 에너지를 모으는 단계(MCP)는 직구 $93.11 \pm 15.07^\circ$, 커브 $81.65 \pm 14.33^\circ$ 로 나타났다. 그리고 볼이 손에서 떠나는 순간(BRP)의 각도는 각각 $121.76 \pm 9.79^\circ$, $121.76 \pm 7.74^\circ$ 로 나타났다. 국면별 투구 단계의 예비 단계(ST~LKU~HBP), 초기 코킹 단계(HBP~LFC), 후기 코킹 단계(LFC~MCP), 가속 단계(MCP~BRP)에 대한 변화는 직구인 경우 각각 $15.76 \pm 16.46^\circ$, $95.98 \pm 21.63^\circ$, $87.38 \pm 34.50^\circ$, $27.22 \pm 12.71^\circ$, $28.65 \pm 14.04^\circ$ 로 나타났다. 그리고 각 국면별 투구 단계에 대한 커브는 $17.01 \pm 6.83^\circ$, $101.71 \pm 8.59^\circ$, $98.84 \pm 25.79^\circ$, $22.92 \pm 4.68^\circ$, $40.11 \pm 9.36^\circ$ 로 나타났다.

각 구간별 주관절의 각도에 대해 전체적으로 볼 때 직구, 커브의 유형은 모두 다 HRP지점에서 최대로 신전 되었다가 LFC, MCP지점에서 굴곡, BRP지점에서 다시 신전되었다. 그러나 직구, 커브의 투구시 가장 중요한 시점인 왼발의 착지 시점과 어깨의 최대 외회전 시점에서는 직구가 커브 보다 더 많이 신전된 결과가 나왔으며, 볼의 릴리스 지점에서는 직구 커브 모두다 신전된 각도가 비슷한 경향을 보였다.

Elliot(1985)은 직구와 커브의 투구시 주관절의 변화를 연구한 결과 직구 투구시 볼 릴리스 전 팔꿈치의 각도가 크게 나타났다는 연구와는 본 연구와 동일하게 나타났다. 이러한 원인에 대한 해석으로는 커브 볼 투구시 볼의 회전에 대한 주관절의 역할이 나타난 것이라 생각된다.

Shinji(1993)은 직구와 커브 볼 투구시 주관절의 신전, 굴곡을 분석한 결과 유의한 차이를 보이지 않았다고 하였으나, 植屋清見(1996)은 커브를 던질 경우에는 볼에 회전을 주기 위해 손목과 팔꿈치를 사용하고, 이 때문에 팔의 팔꿈치부분에서 약간의 굴곡이 생겨 진동이 발생한다고 보고하였으며, 그에 대해 커브 투구시 직구보다 빠른 시점에서 팔꿈치에 굴절이 생기고 게다가 굴절의 정도가 약

간 크다고 말하며, 이것은 커브를 던질 경우에 팔꿈치 각도가 그 회전에 공헌한다고 서술하고 있다. 이러한 커브의 회전에 대한 신체의 역할에 House(1994)는 커브를 던질 때는 전완의 회전을 위해서 팔꿈치를 무리하게 회전시키지 말고 태권도에서 손으로 격파하는 동작처럼 커브를 던져야 한다고 하였으며, 또한 이때 회전을 주기 위하여 손가락을 이용하는 것이 바른 기술이라고 주장하였다. 따라서 본 연구에서 나타난 커브의 주요 구간별 굴곡현상은 상완과 전완 그리고 손가락을 이용한 회전의 영향이라고 사료된다.

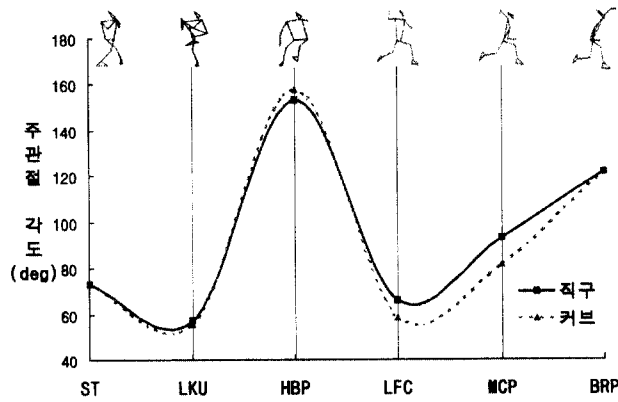


그림 5. 구간별 주관절 각도변화

8. 오른팔 수관절 각도변화

투수가 공의 속도를 높이기 위해 속도의 감속과 가속의 단계를 되풀이 하면서 본격적인 에너지의 축적과 발생이 이루어지는 왼발의 착지(LFC), 견관절의 최대 외회전(MCP), 볼의 릴리스(BRP)의 단계에서의 각각 직구·커브의 수관절 각도변화는 <표 10>, <그림 6>과 같다.

표 10. 수관절 각도변화

(단위: deg)

구분	LFC	MCP	BRP
직구	144.68±19.50	127.49±20.05	141.82±11.81
커브	148.98±10.46	130.36±16.46	134.66±17.19

투구에서의 에너지가 축적되는 순간인 LFC, MCP, BRP의 구간별 수관절의 각도는 직구인 경우 각각 144.68±19.50°, 127.49±20.05°, 141.82±11.81°로 나타났으며, 커브는 각각 148.98±10.46°, 130.36±16.46°, 134.66±17.19°로 나타났다. 국면별 후기 코킹 단계인 LFC~MCP국면과 가속 단계인 MCP~BRP국면의 변화는 직구인 경우 17.19±30.68°, 14.33±19.57로 나타났고, 커브는 각 국면별 18.62±14.33°, 4.30±2.87°로 나타났다.

수관절의 각도는 투구에서의 에너지가 본격적으로 축적되고 폭발되는 왼발의 착지(LFC)부터 볼이 손에서 떠나는 시점까지 보았다. 연구결과 그 유형은 직구, 커브 둘 다 착지시에 수관절은 신전되었고, 어깨의 최대 외회전 된 지점에서는 굴곡과 그리고 볼의 릴리스 지점에서는 다시 신전된 양상을 보였으나 그 차이는 직구가 커브 보다 더 수관절의 각도가 큰 것으로 나타났다. 즉, 볼을 뿌리는 지점에서는 직구의 경우 수관절은 신전되었으며, 커브는 굴곡 현상을 보였다. 이러한 결과는 볼을 뿌리기 위한 손가락의 위치와 손목의 운동 방향에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

Atwater(1979)와 Tarbell(1971)은 공이 릴리스되는 순간의 손목 관절은 과신전 위치에서 완전신전 위치로 바뀌지만 볼의 실밥을 잡는 방법과 요척골의 회내 운동 때문에 손목의 가동 범위를 정량화 하기가 매우 어렵고 그것은 공을 어떻게 잡느냐에 따라 변한다고 하였으며, Elliot(1986)은 직구와 커브볼 투구시 릴리스 시점의 전완과 손목 동작에는 차이가 있었다고 보고하였다.

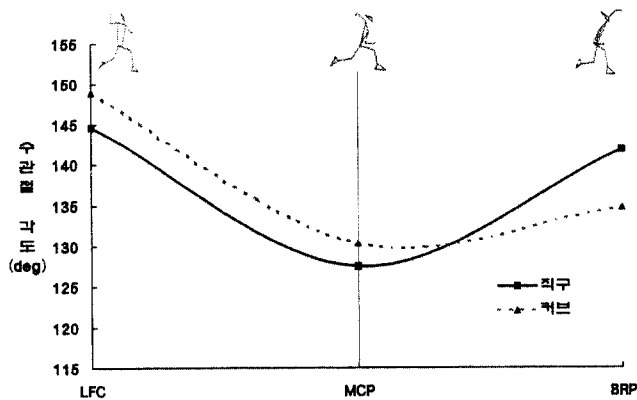


그림 6. 구간별 수관절 각도변화

따라서 분명 직구와 커브 투구시 수관절의 각도의 변화는 차이가 있을 것이라 판단된다. 그 이유는 직구와 커브의 투구에 대한 손목 역할의 차이, 볼을 가속하기 위한 손목의 투구 방향, 그리고 결정적으로 볼의 회전 차이라고 생각된다.

VI. 결 론

본 연구는 부산 D대학교 우완 오버핸드 투수 가운데 국가대표 2명과 수준급 대학선수 2명, 총 4명을 대상으로 직구·커브 투구시 구간별로 나타나는 여러 운동학적 변인의 차이를 비교 분석한 결

과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 직구 및 커브볼 투구시 구간별, 국면별 투구시간은 거의 비슷하게 나타났으며, 직구의 총 소요 시간은 1.78 ± 0.07 초이며, 커브 총 소요시간은 1.77 ± 0.11 초로 나타났다.
2. 직구 및 커브볼 투구시 Z(상·하)방향에 대한 신체 중심의 위치변화는 구간별, 국면별 거의 차이가 나지 않았다.
3. 직구 및 커브볼 투구시 왼쪽 다리의 무릎높이는 각각 125.38 ± 11.85 cm, 124.95 ± 11.63 cm로 큰 차이가 없었다. 신장대비율(%H)로는 직구, 커브 각각 68.42 ± 5.53 (%H), 68.40 ± 5.45 (%H)로 나타났다.
4. 직구 및 커브볼 투구시 스트라이드 거리는 각각 140.35 ± 4.96 cm, 144.83 ± 1.69 cm로 커브 투구시 더 많은 스트라이드 거리를 보였다. 신장대비율(%H)로는 직구, 커브 각각 76.95 ± 3.77 (%H), 79.39 ± 2.23 (%H)로 나타났다.
5. 직구 및 커브볼 투구시 왼쪽 슬관절 각도는 ST 구간과 LKU 구간, HBP 구간에서는 별 차이가 없었지만 LFC, MCP, BRP구간에서는 직구보다 커브 투구시 슬관절 각도가 더 굴곡 된 것으로 나타났다.
6. 직구 및 커브볼 투구시 오른팔 견관절 각도는 ST 구간과 LKU 구간, HBP 구간에서는 별 차이가 없었다. 다만 LKU구간에서 커브 투구시 좀 더 신전된 것으로 나타났다. 그리고 LFC구간에서는 커브가 더 신전되었으며, MCP와 BRP지점에서는 직구가 더 신전 되었다.
7. 직구 및 커브볼 투구시 오른팔 주관절 각도는 ST 구간, LKU 구간, HRP 구간에서는 별 차이가 없었다. LFC구간과 MCP구간에서는 직구보다 커브가 다소 많이 굴곡되었고, BRP구간에서는 직구, 커브 모두 다 근소한 차로 신전 된 것으로 나타났다.
8. 직구 및 커브볼 투구시 오른팔 수관절 각도는 LFC 구간과 MCP 구간에서는 커브가 직구보다 더 신전 되었다. 그리고 BRP 구간은 직구가 커브보다 더 신전 된 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- 김정주(1989). 야구 선수의 경력에 따른 상지 변화에 대한 의학적 고찰. 경희대학교 대학원 박사학위 논문
- 배원환(1992). 야구 투구의 속도와 제구력에 영향을 미치는 운동역학적인 요인에 관한 연구. 경북대학교 대학원 박사학위논문.
- 안병화(1992). 야구에서 투구된 공의 궤적에 관한 연구. 한국체육학회 하계학술발표회 논문집, 31, pp.163~166.
- 안병화, 허구연, 진성태, 최규정, 신동성, 한명우(1997). 야구 투수의 기술의 평가체계 구축을 위한 연구(1). 한국체육과학연구원.
- 이건범(1998). 초·고등·대학교 투수의 빠른 오버 암 피칭 동작에 대한 운동학적 분석. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- 이영석(1995). 야구와 핸드볼 공던지기 동작의 비교분석. 서울대학교 대학원 석사학위 논문.
- 이진섭(1994). 투수의 직구와 커브볼 투구시 3차원 영상분석을 통한 상지의 비교. 세종대학교 대학원 석사학위논문.
- 한태륜, 김상규 외(1996). 한국 프로야구 투수의 투구 동작의 동적양상에 대한 분석. 대한스포츠의학회지, 제 1권 14호.
- Atwater A. E.(1979) : Biomechanics of overarm throwing movements and of throwing injuries. *Exerc. Sport SCI Rev* 7 : pp.43~85,
- Elliott, B. C., Gibson, B. a& Thurston, B.(1986), A Three-Dimensional Cinematographic Analysis of the Fastball and Curve ball Pitches in Baseball. *Inter. J. of Sport Biomechanics*, pp.20-28.
- Elliott, B., Grove, J. R., Gibson, G., & Thurston, B.(1985). A Three-Dimensional Cinematographic Analysis of Baseball Pitching Technique. *The Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 17(2), pp.18~13.
- Feltner, M., & Depena, J.(1986). Dynamacs of a the should and the Elbow Joints of the Throwing Arm During a Baseball Pitch. *International Journal of Sport Biomechanics*, Vol. 2, pp.227~259.
- Gibson, B. J. & Elliott, b. c.(1987), A T. tree Dimentinal Cinematographic Analysis of Junior Baseball Pitchers, *J. of Human Movement Studies*, 13 : pp.363~375.
- Hay, J. G.(1985). *The Biomechanics of Sports techniques* Englewood Cliffs, New Tersey : Prentice-hall Inc.
- House, T.(1994), *The Piching Edge*, Illinois, Human Kinetics Publisher pp.1-59

- Pappas, A. M., Zawacki, R. M. & Sullivan, T. J.(1985). Biomechanics of Baseball Pitching, *Am. Sport Medicine*, pp.216~222.
- Schatzler, L. L.(1980). A Cinematographic Analysis of Stride Length in Highly Skilled Baseball Pitching, M. S. Thesis University of Arizona.
- Shinji, S, Yasuo, I, Atsushi, O, Kynosuke, Y, & Shintaro, T(1993), A Three-Dimensional Cinematographic Analysis of Upper Limb Movement During Fastball and Curveball Baseball Pitches, *Journal of Applied Biomechanics*, 9, pp.47-65.
- Yuichi Hirano.(1987). Comparative of Study of Pitching Motions Between Skilled and Little League Baseball Pitchers. *International Series of Biomechanics*, Vol, 6B, pp.649~653.
- 植屋清見(1996). 「投げにおけるスナップの力學的研究」. *体育學研究*, 5(5), pp.122.

ABSTRACT

The Kinematic Analysis of the Pitching motion for the Straight and Curve ball

Young-Jun Lee* · Jung-Tae Kim**

The purpose of this paper was to make a comparative analysis for the difference of the various kinematic variation which is occurred in the each situation when pitchers throw a straight and a curve ball. Four pitchers, who are two national team players and two high level pitchers, were selected among the right over hand pitchers of D university in the Busan for this paper. The data were analyzed by using 3D equipment. The results of the analysis which was about the elapsed time of the pitching, the movement of the body center-point, the highest height of the left knee, stride length, knee joint angle, shoulder joint angle, elbow joint angle and wrist joint angle in the each section(ST, LKU, HBP, LFC, MCP, BRP) were as follows :

1. Pitching time in the each section and step in the pitching for straight and curve ball was similar. The total elapsed time of the straight and curve ball was 1.78 ± 0.07 sec and 1.77 ± 0.11 sec in the order.
2. The position change of the body center to the Z(above · below) direction did not show significant difference in the each situation of the section and step between pitching for the straight and curve ball.
3. Height of the left knee did not show significant difference as 125.38 ± 11.85 cm and 124.95 ± 11.63 cm in the each pitching motion for straight and curve ball. The rate(%H) between height and stride length showed 68.42 ± 5.53 (%H), 68.40 ± 5.45 (%H) in the each pitching

Received in final form 10 October 2002

* Graduate student, Dept. of Physical Education, College of National Science, Changwon National University, 9 Sarim-dong, Changwon, Kyongnam, 641-773, Korea

** Corresponding author, Assitant Professor, Dept. of Physical Education, College of National Science, Changwon National University, 9 Sarim-dong, Changwon, Kyongnam, 641-773, Korea

Email : jtkim@sarim.changwon.ac.kr

motion.

4. Pitching for curve ball showed longer stride length than pitching for straight ball that as the stride length was 140.35 ± 4.96 cm and 144.8 ± 1.69 cm. The rate(%H) between height and stride length showed 76.9 ± 3.77 (%H), 79.39 ± 2.23 (%H) in the each pitching motion.
5. Left knee joint angle did not show significant difference in the ST, LKU and HBP section in the each pitching motion. However, it was shown that knee joint angle was flexed much more in the LFC, MCP and BRP section in the pitching for curve ball.
6. Right shoulder joint angle did not show significant difference in the ST, LKU and HSP section. However, when pitchers threw a curve ball, the right shoulder joint angle extended more than pitching for straight ball in the LKU section. In the LFC section, the right shoulder joint angle was extended much more in the pitching for curve ball, and the angle was extended much more in the MCP and BRP section in the pitching for curve ball than straight ball.
7. Right elbow joint angle did not show significant difference in the ST, LKU and HRP section in the two pitching motion. The angle had more flexion in the LFC and MCP section in the pitching for curve ball than the pitching for straight ball. The angle in the each pitching motion for straight ball and curve ball were extended by a narrow margin in the BRP section.
8. Right wrist joint angle was extended much more in the LFC and MCP section in the pitching for curve ball. In the BRP section, the angle was extended much more in the pitching for straight ball than curve ball.

key words : Baseball, Pitching motion, Straight and Curve ball