

## 고등학교 야구 투수들의 투구동작 비교

김성용 · 김지태\* (단국대학교), 송홍선 (체육과학연구원), 박종철 (국군체육부대)

이 연구의 목적은 고등학교 야구 선수 중 투수들을 대상으로 기능적움직임사전검사(Functional Movement Screen: FMS)를 이용해 우수그룹과 비우수그룹으로 분류하고 투구 동작을 비교 분석함으로써 우수한 투수 발굴을 위한 기초자료 제공과 경기력 향상에 도움이 될 자료를 제공하고자 하였으며, 분석결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 위치요인에서 신체중심의 좌우위치가 뒤꿈치 착지(HC), 볼 릴리스(BR) 그리고 팔로스로우(FT) 모든 시점에서 비우수그룹이 유의하게 우수그룹보다 좌측으로 크게 움직였다( $p < .05$ ). 던지는 팔의 어깨, 팔꿈치, 손목관절의 선속도는 우수그룹과 비우수그룹의 차이는 확인할 수 없었지만 비우수그룹은 각 관절별의 속도 차이가 큰 것으로 나타났다. 우수그룹은 비우수그룹보다 HC에서 골반의 회전을 제어하고 BR과 FT에서 선행 무릎이 유의하게 신진된 상태를 나타냈다( $p < .05$ ). 던지는 팔의 팔꿈치 각속도는 우수그룹이 비우수그룹보다 가속구간에서 유의하게 빠르게 신진시켰다( $p < .05$ ). 결론을 토대로 종합해보면, 근기능이 우수한 선수일수록 투구동작의 완성도가 높은 것으로 나타났으며, 이러한 검사를 통해 투수로의 잠재력을 평가하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 일부 판단된다.

주요어: 기능적움직임사전검사, 근기능, 투구동작

## 서론

야구 경기에서 투수가 차지하는 비중은 절대적이며 '야구는 투수 싸움이다'라고 할 정도로 투수의 역할은 매우 중요한 부분이다(박성진과 박영진, 2006). Stodden et al.(2001)은 투수로 성공하기 위한 가장 중요한 것은 볼 속도에 달려있다고 하였으며, Tomoyuki et al.(2001)은 투수로서 성공의 가장 중요한 요소로 최고 구속의 지속적인 투구로 보았다. 그 외에도 중요한 요인으로 구속과 체구력의 감소 없이 지속적으로 던지는 것이다. 계속해서 빠른 볼을 던지기 위해서는 강한 어깨 근육과 단시간에 최대의 파워를 낼 수 있는 무산소성 파워가 요구된다고 보고되고 있다(Potteiger et al., 1989). 이와같이 빠른 볼을 던지기 위한 다양한 접근이 이루어져 왔다.

조영재 등(2004)은 야구 투구 시 볼 속도 차이에 따

른 상체의 3차원 운동학적 분석에서 하지의 대퇴근육과 체간 근육의 유연성과 근력강화가 볼 속도 증가에 도움을 줄 수 있다고 보고하고 있으며, Werner et al.(2008)은 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. 이처럼 투구 동작에서 구속은 역학적인 원리로 설명될 수 있다.

투수들은 계속되는 투구로 인해 부상이 가장 빈번하게 발생하고 있으며, 부상 후 재활을 거쳐 현장에 복귀 되는데 많은 시간이 소요되고 있다. 김성수 등(2003)은 어깨 손상 야구 투수들을 대상으로 재활치료 후 통증과 등속성 근기능의 변화에 대한 연구에서 재활치료의 중요성을 강조하기도 하였다. 윤정수(2005)의 연구에 의하면 야구 선수들 중 투수의 스포츠손상이 가장 많이 발생하고 있으며, 팔꿈치와 어깨 손상이 전체 손상 중 65%로 많은 것으로 보고하였고, Lyman et al.(2001)은 투수의 통증 발생 부위별 빈도에서 어깨관절이 32%로 가장 높다고 보고하였다. 김용권 등(2007)은 던지는 등

논문 투고일: 2013. 07. 08.

논문 수정일: 2013. 11. 21.

게재 확정일: 2014. 02. 14.

\* 저자 연락처: 김지태(clebell@naver.com).

작은 어깨의 과도한 외회전이 일어날 수 있도록 충분한 운동성이 있어야 하지만, 상완골두의 불안정에 의한 증상이나, 부상을 예방하기 위해서는 안정성이 있어야 한다고 하였다. 그 외에도 임승길 등(2008), Coleman (2000)은 허리와 복부의 근력에 대한 분석을 통해 다리와 허리의 파워 존(power zone)에서 힘이 발생한다고 보고하여, 체간 근육의 중요성을 강조하기도 하였다.

지금까지 야구와 관련된 연구의 대부분이 숙련자와 비숙련자의 단순비교(Hirano, 1987; Dun et al., 2007; Matsuo et al., 2001), 숙련자에 대한 동작 특성 분석(김성용, 2008; 이영준과 김정태, 2002; 임승길 등, 2008; Schutzler, 1980), 구속을 높이기 위한 연구(박성진과 박영진, 2006; 조영재, 2002; Potteiger et al., 1989)와 견관절 손상과 관련된 연구(김성수 등, 2003; 김용권 등, 2007; Lyman, 2001) 등으로 제한되어 진행되었음을 알 수 있다. 투구 동작과 연관된 근기능의 규명과 투수들에게 발생하는 스포츠 손상을 예방할 수 있는 과학적 근거가 미흡한 실정이다.

최근 Abernethy & Bleakley(2007)의 스포츠손상과 관련된 연구에서 보호장비의 개발과 부상예방을 위한 사전 측정을 강조하고 있다. 미국 물리치료사의 의학적 근거에 의해 개발된 근기능사전검사(Functional Movement Screen : FMS)는 7가지 기본적인 움직임 패턴을 평가하는 도구로서 고유감각수용기, 가동성, 안정성의 동작에 기초를 두고 좌우 불균형과 동작의 제한 등의 기능적 동작의 결함을 평가하고 검사 결과에 따라 손상을 예방하는 프로그램이 적용될 수 있는 도구를 소개하고 있으며(Cook et al., 2006a; Cook et al., 2006b), 운동선수를 대상으로 잠재된 손상과 그에 대한 예방을 위해 FMS와 관련된 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 다양한 결과를 도출해 내고 있는 실정이다.

본 연구에서는 투구 동작을 비교 분석함으로써 근기능 사전검사를 통한 우수한 투수 발굴을 위한 기초자료 제공과 경기력 향상에 도움이 될 자료를 제공하고자 하였다.

## 연구방법

### 연구대상

이 연구의 대상은 근·골격에 질환이 없는 선수로서

D, Y고등학교 우완투수 16명을 대상으로 선정하였으며 FMS 측정을 실시하였으며, Kiesel et al.(2007)의 선행연구를 토대로 14점 이상의 점수를 받은 8명을 우수 그룹, 14점 이하의 점수를 받은 8명을 비우수그룹으로 구분하였으며, 대상자들의 특성과 항목별 FMS 측정 결과는 <표 1, 2>와 같았다.

표 1. 연구대상자의 특성

대 상	신장(cm)	체중(kg)	연령(yr.)	경력(yr.)
우수그룹(n=8)	181.75±2.87	78.25±6.32	17.63±0.52	7.63±1.06
비우수그룹(n=8)	178.63±3.74	67.88±2.23	17.25±0.46	6.63±1.06
t	1.876	4.379	1.528	1.886
p	.082	.001**	.149	.080

표 2. 그룹별 근기능 측정 결과

측 정 항 목	우수그룹 (n=8)	비우수그룹 (n=8)	t	p
Deep Squat	2.00±0.44	1.92±0.61	-635	.268
Hurdle Step	2.25±0.71	1.17±0.25	1.618	.064
In-Line Lunge	2.54±0.50	1.83±0.78	2.167	.024*
Shoulder Mobility	1.63±0.74	1.25±0.46	.386	.353
Active Straight Leg Raise	2.17±0.64	1.29±0.42	1.093	.147
Trunk Stability Push-Up	3.00±0.00	3.00±0.00	-	-
Rotary Stability	2.17±0.31	2.08±0.39	-475	.321
Total	15.75±1.16	12.54±0.69	1.730	.053

신체적 특성에 대한 독립 t-검증 결과 체중에서 유의한 차이가 나타나 체중의 차이가 근기능 측정과 투구 동작에 영향을 줄 수 있는 요인으로 나타났고, 근기능 측정 항목 중 In-Line Lunge 동작에서 그룹간 유의한 차이(p<.05)가 나타났다.

측정자간 신뢰도(급대상관계수)는 Deep Squat(.485), Hurdle Step(.755), In-Line Lunge(.605), Shoulder Mobility(.835), Active Straight Leg Raise(.673), Rotary Stability(.428) 그리고 총점에 대한 신뢰도는 .805로 나타나 선행연구(Fleiss, 1986)에 의하면 측정자간 신뢰도의 기준에 충족하였다.

### 실험도구

본 연구의 사용된 실험장비는 근기능검사 도구와 동

작분석시스템과 분석프로그램을 사용하였으며, <표 3>과 같다.

표 3. 실험도구

측정 분석	실험도구	제조회사	제조국
근기능검사	FMS Test Kit	FunctionalMovement	USA
	HDR-XR160	Sony	Japan
동작 촬영	Eagle	Motion Analysis	USA
동작 분석	KinTool RT	Motion Analysis	USA
자료처리	Excel	Microsoft	USA
	PASW 18.0	SPSS Inc.	USA

**실험절차 및 자료처리**

실험 전 대상자들에게 실험의 목적 및 주의사항 등에 대하여 설명하고 연구대상자들은 몸에 달라붙는 타이즈를 착용한 뒤 충분한 준비운동을 실시하였다.

7개의 기능적 움직임 측정하기 위해 실험실 내에 FMS Test Kit(Functional Movement, USA)을 설치하고, 측정결과의 신뢰도를 높이기 위해 HDR-XR160 (Sony, Japan) 2대를 정면과 측면에 설치하여 FMS 측정 시 모든 항목을 촬영하였다. 객관적인 점수부여를 위해 측정 시 전문가 3인에 의해 평가되었으며, 이후 촬영된 영상을 토대로 2차 평가를 실시한 평균 점수를 사용하였다. 동작분석을 위해 투구 동작이 완전히 포함될 수 있도록 적외선 카메라 12대를 설치하였으며, NLT (non linear transformation)방법을 이용하여 3차원 캘리브레이션을 하였다. 이때 촬영속도는 120frames/s, 셔터스피드는 1/250초로 설정하였다. 좌표축의 정의는 동작이 발생하는 실험실 중앙위치점을 기준으로 좌우 방향을 Y축, 대상자의 진행방향인 전후 방향을 X축 그리고 상하 방향을 Z축으로 정의하였다. 본 연구의 목적을 달성하기 위해 인체를 15개의 분절로 이루어진 강체로 규정하였으며 직경 2cm의 반사마커 31개를 부착하여 관절중심 계산을 위한 스탠딩 캘리브레이션을 실시하였다. 이후 실험에서는 하지의 내측 마커 4개를 제외한 27개를 이용하여 위치좌표를 획득하였다. 각 대상자별 Fastball 투구 동작을 10회 실시하여 전문가의 견해로 선정되어진 대표 동작 1회의 동작을 선정하여 분석을 실시하였다. 실험 시 운동학 및 운동역학적 Raw Data는 Cortex 프로그램을 이용하여 획득하였으며, 실험 중 발

생하는 실험오차를 감소시키기 위하여 Butterworth 4차 저역필터(차단주파수: 10 Hz)를 이용하였다. 또한 KinTool RT(Motion Analysis, USA)을 이용하여 본 연구에서 사용할 수 있는 변인을 산출하였다. 신체의 중심 위치를 산출하기 위한 인체 분절 매개변수(body segment parameters)는 Zatsiorsky et al.(1990)의 자료를 이용하였다.

**분석구간 및 각 정의**

본 연구의 분석 구간은 촬영된 영상자료를 통해 <그림 1>과 같이 3개의 이벤트와 2개의 국면으로 구분하였다. Lead 발이 지면에 접촉하는 시점인 Heel Contact (HC), 공을 던지는 시점인 Ball Release(BR) 그리고 동작을 마무리하는 Follow Through(FT) 시점으로 3개의 이벤트를 정의하였고, HC에서 BR까지의 구간을 가속구간, BR에서 FT까지를 감속구간으로 설정하였다.

본 연구에서 사용된 각도의 정의는 <그림 2>와 같이 7개의 각도를 산출하였다. 상대각에 대한 정의는 던지는 팔의 전완과 상완이 이루는 각도를 팔꿈치관절각, 투구 방향으로 내딛는 다리의 몸통과 대퇴가 이루는 각도를 Lead 골반각, 대퇴와 하퇴가 이루는 각도를 Lead 무릎각, 축이 되어 밀어주는 다리의 몸통과 대퇴가 이루는 각도를 Trail 골반각, 대퇴와 하퇴가 이루는 각도를 Trail 무릎각으로 정의하였다. 몸통회전각은 어깨라인

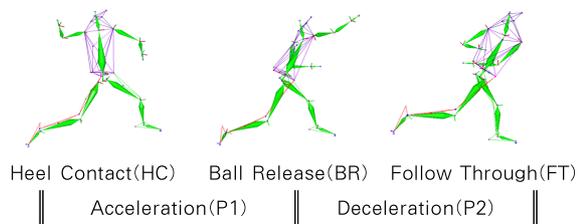


그림 1. 분석구간

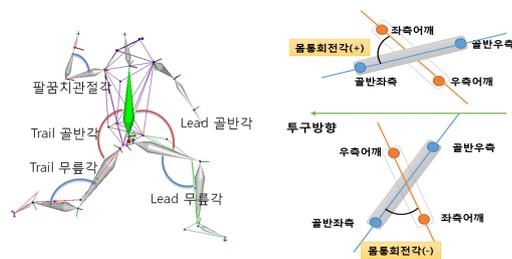


그림 2. 각도의 정의

과 골반라인이 교차되는 각으로 정의하였다.

**통계처리**

수집된 자료는 통계 프로그램인 PASW 18.0을 이용하여 전산처리 하여 분석하였다. 그룹 간 차이를 알아보기 위하여 독립 t-검증(independent t-test)을 실시하였으며, 이때 유의수준은 .05수준으로 설정하였다.

**연구결과**

**위치요인**

그룹 간 스트라이드 거리, 신체중심 위치 변화에 대한 차이를 알아보기 위해 실시한 독립 t-검증 결과는 아래 <표 4>와 같았다.

스트라이드 거리의 경우 우수그룹과 비우수그룹이 유사한 결과를 나타냈으며, 통계적으로도 차이가 나타나지 않았다. 신체중심 위치는 대상자들의 비교를 위해 Trail 발 중심(뒤쪽의 축이 되는 발)을 원점좌표(0, 0)로 표준화하였다. X축은 발을 투구하는 방향으로의 이동을 나타내는 것으로 HC에서 FT까지 그룹 간 평균 차이는 나타났지만 통계적으로 차이가 나타나지는 않았다. Y축은 투구되는 방향을 기준으로 좌우로의 이동이며, 음(-)의 값은 좌측으로의 이동한 것을 나타낸다. HC, BR 그리고 FT 모든 시점에서 비우수그룹의 좌측으로의 이동이

표 4. 스트라이드 거리와 신체중심 위치에 대한 t-test

		(단위 : % Height)			
		우수그룹	비우수그룹	t	p
Stride Length		83.68±5.19	83.36±4.02	.136	.894
	HC	37.40±2.00	37.26±2.37	.132	.897
	BR	53.22±6.55	55.52±3.97	-.849	.410
CoM x	FT	63.01±8.41	66.69±4.39	-1.097	.291
	HC	-5.30±2.87	-8.99±3.30	2.388	.032*
	BR	-5.92±3.34	-11.05±4.46	2.607	.021*
CoM y	FT	-7.63±4.79	-13.56±5.56	2.286	.038*
	HC	42.50±2.69	41.54±1.64	.862	.406
	BR	41.39±3.75	39.22±2.03	1.437	.179
CoM z	FT	46.94±3.23	45.68±3.42	.757	.462

\*p<.05

크게 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났다 (p<.05). Z축은 수직방향으로의 이동을 나타내며, 대상자들의 신장으로 표준화하여 제시하였다. 수직위치는 모든 시점에서 우수그룹이 비우수그룹 보다 높은 수직위치를 나타냈지만 통계적으로 차이가 나타나지 않았다.

**속도요인**

**신체중심 속도**

그룹 간 신체중심 전후속도에 대한 차이를 알아보기 위해 실시한 독립 t-검증 결과는 <표 5>와 같이 나타났다.

신체중심 평균과 최대 전후속도는 P1과 P2구간에서 비우수그룹이 우수그룹 보다 빠른 속도를 나타냈지만 통계적으로 차이가 나타나지 않았다.

표 5. 구간별 평균, 최대 신체중심 전후속도에 대한 t-test (단위 : m/s)

구 분	구분	우수그룹	비우수그룹	t	p
Mean	P1	1.75±0.25	1.79±0.14	-.348	.735
	P2	0.75±0.21	0.77±0.08	-.237	.818
Peak	P1	2.32±0.37	2.47±0.35	-.832	.419
	P2	1.28±0.17	1.29±0.13	-.180	.860

**주요관절의 선속도**

그룹 간 어깨, 팔꿈치, 손목관절의 선속도에 대한 차이를 알아보기 위해 실시한 독립 t-검증 결과는 <표 6>

표 6. 구간별 평균, 최대 어깨, 팔꿈치, 손목관절 선속도에 대한 t-test (단위 : m/s)

구 분	구분	우수그룹	비우수그룹	t	p	
어깨	Mean	P1	4.49±0.40	4.22±0.29	1.571	.139
		P2	2.06±0.28	1.81±0.29	1.727	.106
	Peak	P1	5.56±0.45	5.43±0.48	.568	.579
		P2	3.52±0.41	3.56±0.54	-.147	.886
팔꿈치	Mean	P1	8.84±1.31	7.94±0.87	1.618	.131
		P2	4.87±0.84	4.26±1.38	1.067	.308
	Peak	P1	12.74±0.73	12.17±0.74	1.549	.144
		P2	8.56±1.01	9.09±0.99	-1.054	.310
손목	Mean	P1	9.71±1.63	9.26±1.24	.627	.541
		P2	8.27±1.80	6.99±2.24	1.265	.228
	Peak	P1	16.94±1.08	16.55±0.70	.854	.410
		P2	16.36±1.37	16.39±0.92	-.045	.965

과 같이 나타났다.

어깨, 팔꿈치, 손목관절 모두 구간별 평균속도는 우수 그룹이 빠른 속도를 나타냈고 최대속도는 P1은 우수 그룹이 P2는 비우수그룹이 빠른 것으로 나타났다. 모든 관절에 있어 그룹간 평균차이는 나타났지만 통계적으로 차이가 나타나지 않았다.

**각도 요인**

**팔꿈치관절각**

그룹 간 팔꿈치관절각도에 대한 차이를 알아보기 위해 실시한 독립 t-검증 결과는 <표 7>과 같았다.

모든 시점에서 우수그룹이 비우수그룹에 비하여 작은 팔꿈치 관절각도를 나타냈지만 통계적으로 차이가 나타나지 않았다.

표 7. 각 시점별 팔꿈치 각도에 대한 t-test (단위 : deg)

구 분	우수그룹	비우수그룹	t	p
HC	62.23±19.23	79.69±16.11	-1.968	.070
BR	147.53±5.74	149.47±7.05	-.604	.556
FT	134.76±13.04	138.68±5.71	-.780	.454

**무릎관절각**

그룹 간 무릎관절각도에 대한 차이를 알아보기 위해 실시한 독립 t-검증 결과는 <표 8>과 같았다.

Lead 무릎각은 와인드업 시 들어올려 투구방향으로 내딛는 다리의 무릎각이고, Trail 무릎각은 와인드업 시 축이 되는 다리의 무릎각을 의미한다. 모든 시점에서 우수그룹이 비우수그룹에 비하여 큰 Lead 무릎각을 나타냈으며, BR과 FT에서 통계적으로 차이가 나타났다 (p<.05). Trail 무릎각은 HC에서 우수그룹과 비우수그룹이 유사한 각도를 나타냈고, BR과 FT에서는 우수 그룹이 큰 Trail 무릎각을 나타냈다. Trail 무릎각의 경우 BR과 FT에서 그룹간 평균차이는 나타냈지만 통계적으로 차이가 나타나지 않았다.

표 8. 각 시점별 무릎각도에 대한 t-test (단위 : deg)

		우수그룹	비우수그룹	t	p
Lead 무릎각	HC	142.17±12.98	135.99± 5.42	1.241	.245
	BR	153.47±14.09	136.85±16.11	2.197	.046*
	FT	165.83± 8.96	149.13±13.10	-.069	.011*
Trail 무릎각	HC	141.75±10.89	142.24± 5.55	-.114	.912
	BR	139.08±16.20	135.92±14.24	.415	.685
	FT	136.52±27.92	127.87±20.34	.708	.492

\*p<.05

그룹이 유사한 각도를 나타냈고, BR과 FT에서는 우수 그룹이 큰 Trail 무릎각을 나타냈다. Trail 무릎각의 경우 BR과 FT에서 그룹간 평균차이는 나타냈지만 통계적으로 차이가 나타나지 않았다.

**골반관절각**

그룹 간 골반 관절각도에 대한 차이를 알아보기 위해 실시한 독립 t-검증 결과는 <표 9>와 같았다.

무릎각도와 같이 Lead 골반관절각은 와인드업 시 들어올려 투구방향으로 내딛는 다리의 골반관절각이고, Trail 골반관절각은 와인드업 시 축이 되는 다리의 골반관절각을 의미한다. 모든 시점에서 우수그룹이 비우수그룹에 비하여 큰 Lead 골반관절각을 나타냈지만 통계적으로 차이가 나타나지 않았다. Trail 평균 골반관절각은 모든 시점에서 그룹간 유사한 각도를 나타냈으며, 통계적으로 차이가 나타나지 않았다.

표 9. 각 시점별 골반각도에 대한 t-test (단위 : deg)

		우수그룹	비우수그룹	t	p
Lead	HC	126.54±12.81	123.19± 7.68	.634	.535
	BR	108.68±11.37	101.00±17.08	1.059	.310
	FT	122.27±18.28	119.20±21.82	.305	.765
Trail	HC	128.79±10.09	131.11±10.51	-.451	.659
	BR	163.66±5.46	163.35± 6.54	-.563	.583
	FT	154.92±11.60	155.31±11.12	-.069	.946

**몸통회전각**

그룹 간 몸통 회전 각도에 대한 차이를 알아보기 위해 실시한 독립 t-검증 결과는 <표 10>과 같이 나타났다.

평균 몸통 회전각은 모든 시점에서 우수그룹이 비우수그룹에 비하여 작게 나타났지만 통계적으로 차이가 나

표 10. 각 시점별 몸통 회전각도에 대한 t-test (단위 : deg)

		우수그룹	비우수그룹	t	p
어깨회전	HC	99.20±21.34	111.96± 7.18	-1.604	.145
	BR	-22.06±9.55	-26.67±15.83	.706	.494
	FT	-64.02±16.34	-72.55± 9.00	1.295	.222
골반회전	HC	49.46±16.46	67.14±15.16	-2.235	.042*
	BR	-12.53±5.07	-13.21±22.91	.082	.937
	FT	-27.91±4.79	-33.91±15.05	1.075	.312

\*p<.05

타나지 않았다. 평균 몸통 회전각은 HC에서 우수그룹은 49.46° 비우수그룹은 67.14°로 우수그룹이 작은 각도를 유지하면서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다 ( $p < .05$ ). BR과 FT에서는 비우수그룹이 큰 각도를 나타냈지만, 통계적으로 차이가 나타나지 않았다.

**각속도 요인**

**팔꿈치관절 각속도**

그룹간 팔꿈치관절 각속도에 대한 차이를 알아보기 위해 실시한 독립 t-검증 결과는 <표 11>과 같이 나타났다.

팔꿈치관절의 구간별 평균 각속도는 모든 구간에서 우수그룹의 평균 팔꿈치관절 각속도가 빠른 것으로 나타났다. P1에서 통계적으로 차이가 나타났다 ( $p < .05$ ). 구간별 최대속도에서는 P1과 P2에서 우수그룹의 최대 각속도가 빠르게 나타났지만 통계적으로 차이가 나타나지 않았다.

표 11. 구간별 팔꿈치 관절 각속도에 대한 t-test (단위 : deg/s)

구 분	우수그룹	비우수그룹	t	p
Mean	P1 552.81±186.94	372.13±95.08	2.437	.034*
	P2 -62.87± 42.38	-41.24±20.00	-1.306	.221
Peak	P1 2350.33±257.48	2087.10±347.17	1.723	.109
	P2 -613.77±173.73	-482.99±188.08	-1.445	.171

\* $p < .05$

**몸통회전 각속도**

그룹간 몸통회전 각속도에 대한 차이를 알아보기 위해 실시한 독립 t-검증 결과는 <표 12>와 같이 나타났다.

표 12. 몸통회전 각속도에 대한 t-test (단위 : deg/s)

구 분	우수그룹	비우수그룹	t	p
Mean	P1 -763.07±151.76	-754.98± 67.12	-.138	.893
	P2 -167.89± 76.64	-167.81± 35.25	-.003	.998
어깨 Peak	P1 -1084.86±179.99	-1237.60±277.00	1.308	.215
	P2 -399.57±153.45	-467.50±143.26	.915	.376
Mean	P1 -369.87± 46.04	-419.97±100.97	1.277	.231
	P2 -65.59± 28.38	-73.09± 32.02	.496	.628
골반 Peak	P1 -632.79± 54.84	-671.95±111.41	.892	.393
	P2 -207.68± 36.91	-193.87± 78.06	-.453	.661

구간별 평균 몸통회전 각속도는 P1에서는 우수그룹이 빠른 각속도를 나타냈고 P2는 유사한 것으로 나타났지만 통계적으로 차이가 나타나지 않았다. 구간별 최대 각속도에서는 우수그룹의 최대 각속도가 모든 구간에서 느린 것으로 나타났지만 통계적으로 차이가 나타나지 않았다. 구간별 평균 골반회전 각속도는 모든 구간에서 우수그룹이 비우수그룹보다 느린 골반회전 각속도를 나타냈지만 통계적으로 차이가 나타나지 않았다. 구간별 최대속도는 P1에서 비우수그룹이 P2에서 우수그룹의 최대 골반회전 각속도를 나타냈지만 통계적으로 차이가 나타나지 않았다.

**논 의**

신체중심 위치는 스트라이드 동작에서는 상지와 하지 가 스트레치(stretch) 되어 상체를 앞으로 움직이는데 사용하는 탄성 에너지를 생성하게 되는데 에너지를 극대화하기 위해서는 상체를 가능한 한 오래 뒤쪽에 유지하면서 앞발이 이동하여야 한다. 우수그룹의 경우 HC에서 FT까지 좌측으로의 이동을 제어하려는 움직임이 나타났는데, 이는 몸통이 수직에 가까운 자세를 유지시키며 에너지 손실을 막기 위한 자세로 판단된다. Morriss & Bartlett(1996), 홍순모와 이영선(2007)는 창던지기 릴리스 동작에서 몸통의 움직임이 크면 상지분절의 속도를 가속시키기 어렵다고 보고하고 있어 본 연구의 비우수그룹의 경우 빠른 공을 던지기 어려운 동작을 수행한 것으로 판단된다. 신체중심이 높은 상태로 투구 밸런스 유지를 위해서는 몸통의 코어근육이 중요한 역할을 수행할 것으로 판단되며, Lead & Trail의 하지근육 강화로 중심이동 및 선행 발의 착지 이후 동작 시 중심을 잡을 수 있어야 할 것으로 사료된다.

각 관절의 선속도는 우수그룹의 경우 어깨, 팔꿈치, 손목 모두 감속구간의 최대속도를 제외한 모든 선속도가 빠르게 나타났지만 비우수그룹의 경우 감속구간의 관절의 최대속도가 모두 빠르게 나타나 감속의 타이밍을 맞추기 어려울 수 있는 동작을 수행한 것으로 나타났다. 하지만 두 그룹 모두 FMS 중 Shoulder Mobility 검사 점수가 1점대를 나타내어 낮은 점수를 나타내어 어깨관절의 가동성이 부족한 것으로 나타났으며, 이는 어깨의 내회전이 부족해 외회전의 증가로 나타날 수 있어 야구

선수들의 부상부위 중 가장 많은 빈도를 차지하는(윤정수, 2005) 어깨 부위의 가동범위를 증가시켜줄 수 있는 트레이닝 프로그램이 적용되어야 할 것으로 사료된다. 특히, 내회전 각도 결손(GIRD)은 연령대가 높을수록 높아지는 것을 경향이 있다고 보고되고 있어 야구에서 가장 손상 많은 부위인 주관절에 문제점을 사전에 체크하여 이를 예방하는 프로그램을 적용하는 시스템이 요구된다(송홍선 등, 2012).

Lead 무릎각은 모든 시점에서 우수그룹이 크게 나타나며 통계적인 차이를 나타냈는데, 메이저리그의 투수를 대상으로 한 연구에서도 왼발 착지 시 무릎 각도가  $38.5 \sim 43.8^\circ$  ( $136.8 \sim 141.5^\circ$ )의 굴곡 각도를 나타내었고, 릴리즈 시  $27.8 \sim 39.9^\circ$  ( $140 \sim 146.8^\circ$ )의 굴곡 각도를 나타내어 릴리즈 시 무릎이 신전되는 유사한 결과를 나타냈다(Dun et al, 2007). 이는 무릎을 신전시키는 동작이 원다리의 균형을 유지하는 데에 도움이 되고 몸통이 앞으로 더 회전할 수 있도록 해주어 던지는 팔에 많은 에너지를 줄 수 있기 때문인 것으로 사료되며(천영진과 신인식, 2012), 이러한 동작은 창던지기 동작에서 창의 던지는 속도가 빠를수록 무릎이 신전되는 결과와 일치한다(Morriss & Bartlett, 1996). Trail 무릎각은 비우수그룹에서 릴리스와 팔로우에서 굴곡 된 상태를 나타내며, 뒷발을 차주는 동작을 수행하지 못한 상태를 나타냈다. 비우수그룹의 경우 In-Line Lunge에서 낮은 점수를 나타낸 것과 마찬가지로 대퇴부의 유연성이 부족한 것으로 사료되지만 신체적 특성에 대한 독립 t-검증 결과 체중에서 유의한 차이가 나타나 체중의 차이가 근기능과 투구동작에 영향을 줄 수 있는 요인으로 나타났다.

몸통 회전 각도에서 비우수그룹이 모두 크게 나타났는데, 통계적인 차이는 없었지만 스트라이드 동작에서 몸통의 과도한 회전이 나타난 것으로 손끝으로의 가속을 위한 동작을 수행할 수 없었던 것으로 판단되며, 이러한 동작은 어깨와 골반이 열려진 상태로 손이 뒤쪽에 위치함으로써 효율적인 에너지 전이를 할 수 없으며 어깨관절의 과도한 부하가 나타날 것으로 사료된다. 조영재(2002)는 볼 속도가 증가될수록 관절의 회전이 작게 나타난다고 보고하고 있어 우수그룹이 빠른 공을 던질 수 있는 자세를 취한 것으로 판단된다. Lead 골반의 굴곡 각도는 HC에서 FT까지 우수그룹이 큰 것으로 나타났고, Trail 골반은 비우수그룹이 큰 것으로 나타나 이러한 동작은 비우수그룹의 경우 스트라이드 시 중심의 이

동이 과도하게 발생을 의미하며, 신체중심이 낮게 위치한 결과로 해석할 수 있다. 반면, 우수그룹은 신체중심을 가능한 후방으로 위치시키면서 신체중심 높이를 유지하려는 자세를 보여 높은 위치에서의 투구가 가능했던 것으로 판단된다. 비우수그룹의 경우 팔꿈치의 신전각이 크게 나타나며 중심에서 멀어지는 동작을 나타냈다. Elliot et al.(1985)은 팔꿈치 관절의 변화가 볼의 회전에 영향을 미친다고 보고하고 있어 우수그룹은 볼 회전에 유리한 자세를 취하는 것으로 나타났다.

## 결론

이 연구의 목적은 투구 동작을 비교 분석함으로써 근기능사전검사를 통한 우수한 투수 발굴을 위한 기초자료 제공과 경기력 향상에 도움이 될 자료를 제공하고자 하는데 있다. 연구 목적을 달성하기 위해 야구부가 있는 서울·경기지역 소재 고등학교 선수 중 투수 16명을 대상으로 근기능사전검사(FMS)를 실시하고, 투구 동작에 대한 운동학적 변인을 산출하였다. 자료는 PASW 18.0을 이용하여, 독립표본 t-검증을 실시하였으며, 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

위치요인에서 신체중심의 좌우위치가 뒤꿈치 착지(HC), 볼 릴리스(BR) 그리고 팔로스로우(FT) 모든 시점에서 비우수그룹이 유의하게 우수그룹보다 좌측으로 크게 움직였다( $p < .05$ ). 던지는 팔의 어깨, 팔꿈치, 손목관절의 선속도는 우수그룹과 비우수그룹의 차이는 확인할 수 없었지만 비우수그룹은 각 관절별의 속도 차이가 큰 것으로 나타났다. 우수그룹은 비우수그룹보다 HC에서 골반의 회전을 제어하고 BR과 FT에서 선행 무릎이 유의하게 신전된 상태를 나타냈다( $p < .05$ ). 던지는 팔의 팔꿈치 각속도는 우수그룹이 비우수그룹보다 가속 구간에서 유의하게 빠르게 신전시켰다( $p < .05$ ). 결론을 토대로 종합해보면, 근기능이 우수한 선수일수록 투구 동작의 완성도가 높은 것으로 나타났으며, 이러한 검사를 통해 투수로의 잠재력을 평가하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 일부 판단된다. 또한, 후속연구로 투구동작과 근기능 요인의 상관관계를 규명하는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- 김성용(2008). 야구 투구 동작의 운동학적 분석. 1급 경기지도자현장적용연구보고서, 2, 1-27.
- 김성수, 서태범, 김중오, 이희혁, 윤진환, 지용석(2003). 견관절 손상 야구투수들의 재활치료 후 주관적 통증정도와 등속성 근기능의 변화. *한국운동생리학회지*, 12(1), 45-57.
- 김용권, 한경진, 박진영, Gupta, A.(2007). 야구 선수의 연령별 관절운동범위 변화 연구. *대한스포츠의학회지*, 25(1), 45-52.
- 박성진, 박영진(2006). 프로야구 투수의 볼 스피드와 견관절의 등속성 회전력 비교 연구. *한국운동역학회지*, 16(1), 81-88.
- 이영준, 김정태(2002). 직구와 커브 투구동작의 운동학적 비교 분석. *한국운동역학회지*, 12(2), 109-130.
- 임승길, 김영재, 김병곤(2008). 한국 프로 야구선수의 등속성 요부 굴곡력과 신전력 평가 기준치 설정. *한국운동생리학회지*, 17(4), 473-482.
- 윤정수(2005). 야구 선수의 위치에 따른 스포츠 상해 - 중학교, 고등학교 학생을 중심으로-. 미간행 석사학위논문. 국민대학교 대학원
- 조영재(2002). 야구 투구 시 볼 속도 차이에 따른 운동학적 변인 분석. 미간행 석사학위논문. 연세대학교 대학원.
- 조영재, 이성철, 문곤성, 박종률(2004). 야구 투구 시 볼 속도 차이에 따른 상체의 3차원 운동학적 분석. *한국체육학회지*, 43(3), 861-870.
- 천영진, 신인식(2012). 15주 야구 수업을 통한 던지기 동작의 운동학적 변인 변화 분석. *한국운동역학회지*, 22(1), 1-7.
- 홍순모, 이영선(2007). 여자 창던지기 운동학적 요인의 일관성 평가. *한국운동역학회지*, 17(4), 65-71.
- Abermethyl, L., & Bleakley, C. (2007). Strategies to prevent injury in adolescent sport: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 41(10), 627-638.
- Coleman, G. (2000). *52-week baseball training*. Champaign: Human Kinetics.
- Cook, G., Burton, L., & Hoogenboom, B. (2006a). Pre-participation screening: The use of fundamental movements as an assessment of function - part 1. *North American Journal of Sports Physical Therapy*, 1(2), 62-72.
- Cook, G., Burton, L., & Hoogenboom, B. (2006b). Pre-participation screening: The use of fundamental movements as an assessment of function - part 2. *North American Journal of Sports Physical Therapy*, 1(3), 132-139.
- 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.
- Elliott, B., Grove, J. R., Gibson, B., & Thurston, B. (1986). A three-dimensional cinematographic analysis of the fastball and curve pitches in baseball. *International Journal of Sports and Biomechanics*, 2, 20-28.
- Hirano, Y. (1987). Comparative of study of pitching motions between skilled and little league baseball pitchers. *International Series of Biomechanics*, 6B, 649-653.
- Kiesel, K., Plisky P., & Voight, M.(2007). Can serious injury in professional football be predicted by a preseason Functional Movement Screen. *North American Journal of Sports Physical Therapy*, 2(3),147-158.
- Lyman, S., Fleisig, G. S., Waterbor, J. W., Funkhouser, E. M., Pulley, L., Andrews, J. R., Osinski, E. D., & Roseman, J. M. (2001). Longitudinal study of elbow and shoulder pain in youth baseball pitchers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, 1803-1810.
- 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.
- Potteiger, J. A., Blessing, D. L., & Wilson, G. D. (1989). Relationship between pitching velocity, anaerobic power and lean body mass. *Journal of Applied Sports Science*, 133, 74.
- Schutzler, L. L. (1980). *A cinematographic analysis of stride length in highly skilled baseball pitchers*. Unpublished Thesis. University of Arizona.
- 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.
- Tomoyuki, Matsuo., Rafael, F. E., Fleisig, G. S., Steven, W. B., & James, R. A. (2001). Comparison of kinematic and temporal parameters between different pitch velocity groups. *Journal of Applied Biomechanics*, 17, 1-13.
- 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.
- Zatsiorsky, V. M., Selnyanov, V. N., & Chugunova, L. (1990). In vivo body segment inertia parameters determination using a gamma scanner method. *Biomechanics of Human Movement: Application in Rehabilitation, Sports and Ergonomics*, 187-202.

## Comparison of Pitching Motion of High School Baseball Pitchers

Sung-Yong Kim<sup>1</sup>, Ji-Tae Kim<sup>1</sup>, Hong-Sun Song<sup>2</sup>, & Jong-Chul Park<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dankook University, <sup>2</sup>Korea Institute of Sport Science, & <sup>3</sup>Korea Armed Forces Athletic Corps

The purpose of this study was to classify high school baseball players as superior or inferior group by Functional Movement Screen(FMS) and to provide basic information for finding great pitcher and improving exercise performance by comparing and analyzing the pitching motion. The results of this study are as follows. The inferior group's center of mass(COM) moved significant on the left side than superior group at heel contact(HC), ball release(BR), and follow throw(FT)( $p<.05$ ). There were no significant difference in linear velocity of shoulder, elbow and wrist between two groups, but inferior groups showed large difference in each joint. The superior group controlled rotation of pelvis at HC and showed significant higher knee extension at BR and FT than inferior group( $p<.05$ ). The angular velocity of superior group's throwing arm were higher in acceleration period( $p<.05$ ). Taken together based on the results, the players who have higher muscle function showed great pitching motion, so we can conclude that FMS could be useful for evaluating the potential of pitcher.

**Key Words:** Functional Movement Screen; FMS, Baseball, Pitching Motion 