

## 부상 예방프로그램이 고등학교 소프트볼 선수의 등속성 하지 및 허리 근기능에 미치는 효과

### Effects of Injury Prevention Programs on Lower Extremity and Trunk Isokinetic Muscle Function in High-School Softball Players

박소영(서울대학교 강사) · 강민석\*(서울스포츠과학센터 연구원)

Soyoung Park *Seoul National University* · Min-Suk Kang *Center for Sport Science in Seoul*

#### 요약

본 연구는 고등학교 소프트볼 선수들을 대상으로 부상 예방프로그램을 실시하여 등속성 하지 및 허리 근기능에 미치는 효과를 살펴보았다. 이 연구의 목적을 위해 고등학교 소프트볼 선수 18명을 통제 집단(Con; n=9)과 운동 집단(Ex; n=9)으로 분류하였다. 연구 결과, 등속성 무릎 근기능은 부상 예방프로그램을 실시한 운동집단에서 H/Q Ratio와 신근, 굴근 Deficit을 유지하면서 우굴근과 좌신근이 사전에 비해 유의하게 향상된 것으로 나타났다( $p<0.05$ ). 또한 등속성 허리 근기능은 굴근과 신근 모두 운동집단에서 사전에 비해 유의하게 향상된 것으로 나타났다( $p<0.05$ ). 하지만 F/E Ratio는 굴근 향상에 비해 신근이 더 많이 향상되어 사전에 비해 감소된 것으로 나타났다. 이상의 결과, 고등학교 소프트볼 선수들을 대상으로 부상 예방프로그램의 적용은 하지 및 허리 근력 발달 및 근기능에 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 에너지와 힘을 하체에서 상체로 효율적으로 전달하여 부상의 잠재적 위험을 예방하고 소프트볼에서의 퍼포먼스를 향상시킬 수 있을 것으로 보인다.

#### Abstract

This study examined the effect of an injury prevention program on high school softball players on the isokinetic lower extremity and trunk muscle function. For this study, 18 high school softball players were divided into a control group (Con; n=9) and an exercise group (Ex; n=9). As a result of the study, the isokinetic knee muscle function increased significantly in the right flexor and left extensor muscles compared to before while maintaining the H/Q ratio and extensor and flexor deficit in the exercise group that implemented the injury prevention program ( $p<0.05$ ). In addition, the isokinetic trunk muscle function increased significantly in both the flexor and extensor muscles compared to before in the exercise group ( $p<0.05$ ). However, the F/E Ratio was reduced compared to the prior, as the extensor muscles improved more than the flexor muscles. As a result, applying an injury prevention program to high school softball players affected the development of lower extremity and trunk muscle strength and muscle function. Therefore, it is possible to efficiently transfer energy and power from the lower body to the upper body, thereby preventing the potential risk of injury and improving performance in softball.

Key words : Softball, Athlete, Isokinetic muscle function, Injury prevention

\* kms7101@seoulsports.or.kr

본 논문은 2023년도 정부(문화체육관광부)의 재원으로 국민체육진흥공단 한국스포츠정책과학원의 지원을 받아 수행된 연구임.

## I. 서론

소프트볼은 1996년 제 26회 애틀랜타 올림픽 대회부터 정식 종목으로 채택되었으며, 기본 원칙은 야구 경기를 바탕으로 개량된 구기 종목으로 우리나라의 소프트볼 국제 성적은 2014 인천아시안 게임에서 예선전 1승 4패, 2018 자카르타·팔렘방 아시안게임에서는 5위의 성적에 머무르고 있는 실정이다. 국내 소프트볼은 23개 팀 296명이 선수 등록이 되어있으며, 16세 이하부 5개 팀 64명, 19세 이하부 8개 팀 96명, 대학부 4개 팀 55명, 일반부 6개 팀 81명으로 활동 중이다(대한소프트볼협회, 2023).

소프트볼 종목은 야구 종목과 유사하게 대표적으로 4가지의 기본 기술인 피칭(Pitching), 캐칭(Catching), 베이스 런닝(Base Running), 배팅(Batting)이 중요하다(하철수 및 최명수, & 여철훈, 2009). 경기력 요인은 타자의 정교하고 폭발적인 타격 능력, 작전 수행 능력, 기습 번트 능력, 주자의 재치 있고 빠른 주루 플레이 등의 공격 수행능력(Dun, Fleisig, Loftice, Kingsley, & Andrews, 2007)과 투수의 110km 이상의 빠른 구속, 다양한 변화구 구질 구사 능력 및 제구력, 포수의 주자 견제 능력과 상대팀 타선을 제압할 수 있는 볼배합 능력, 야수의 뛰어난 송구 및 판단 능력 등의 수비 수행능력(McDowell, 2004)으로 이루어진다.

소프트볼은 야구와 유사하지만 야구와 다른 점은 마운드가 없기 때문에 선수들은 평평한 바닥에서 공을 던진다. 또한 투수의 투구 동작을 기준으로 슬로우 피치(Slow Pitch), 패스트 피치(Fast Pitch) 그리고 수정 피치(Modified Fast Pitch)로 구별된다(Paul, Brown, & Mulcahey, 2021). 투수는 반드시 언더핸드 피치로만 던져야 하며, 패스트 피치는 올림픽 등 전문대회에서 대부분 사용하는 규칙으로 투수가 공을 놓기 전에 팔을 크게 돌리는 윈드밀(Windmill)동작을 통해 구속을 높이며, 투구 메커니즘은 다르지만 던지는 팔에 비슷한 힘이 가해진다(Barrentine, Fleisig, Whiteside, Escamilla, & Andrews, 1998). 오버헤드 피치에서는 공이 투수의 손을 떠난 후 감속단계에서 가장 큰 힘의 저항이 발생하지만 윈드밀 피치는 반대로 투수가 공을 놓을 때 전달 단계에서 가장 큰 힘의 저항이 발생한다. 오버헤드 피치가 윈드밀 피치에 비해 힘이 약간 더 높았지만 윈드밀 피치에서 abduction과 extension 중에 훨씬 더 많은 토크를 생성한다(Barrentine, Fleisig, Whiteside, Escamilla & Andrews, 1998).

소프트볼에서 부상 발생율은 야구 선수 (4.0/1000 athlete-exposures)보다 청소년 소프트볼 선수 (5.6/1000 athlete exposures)가 부상 발생율이 높은 것으로 나타났다. 또한 주로 윈드밀 동작이 나타나는 투수의 부상 발생율은 37.3%, 오버헤드 동작이 나타나는 내야, 외야 등의 포지션 선수는 15.3%로 나타났으며, 포지션 선수의 Epicondylar injuries의 부상도 일반적으로 발생하며(최대 39% 발생), 14세에서 18세 사이의 고등학교 선수에서 가장 높은 비율의 부상이 발생한다고 하였다(Shanley, Rauh, Michener, & Ellenbecker, 2011). 또한, 소프트볼 포지션 선수들은 일반적으로 ROM 감소, 증가된 glenohumeral joint laxity 그리고 anterior

shoulder pain을 나타낸다고 하였다(Shanley & Thigpen 2013).

고등학교와 대학 소프트볼 부상 역학 연구에서 고등학교 소프트볼 선수들은 다리와 허벅지 부상의 위험이 가장 높았다고 보고하였고, 대학 소프트볼 투수들은 비접촉 부상으로 평가되었을 때 허리와 어깨의 긴장의 위험이 가장 높은 것으로 나타났다(Shanley & Thigpen, 2013). 또한 내셔널 소프트볼 팀에서는 포지션 선수의 대다수가 심각한 부상을 입는 반면(59%), 투수들의 부상 대부분은 만성 부상과 관련이 있거나 과도한 사용으로 인해 발생하는 것(62%)으로 보고하고 있다(Patel, Bhatia, Mullen, Bosman, & Lear 2021).

Oliver(2010, 2011)는 선수의 상지, 하지 근력 및 ROM을 증가시킬 수 있는 특정 운동을 언급하였다. 유연성을 높이기 위한 동적 스트레칭과 lumbopelvic-hip complex를 강화하기 위한 Kinetic Chain 운동에 초점을 맞추고 있으며, Kinetic Chain은 하지에 의해 시작된 근위-원위의 신경근 패턴을 나타내며, 하지의 활성화 후 상지의 활성화가 나타나는 것으로, 골반을 조절하는 둔근(gluteal muscles)의 활성화를 시작으로 허리, 어깨, 팔꿈치, 손목으로 운동학적 힘을 적절히 전달하여 투척관련 부상을 예방하며(Oliver & Plummer, 2011), 오버핸드 던지기를 사용하는 포지션 선수들과 윈드밀 피치를 사용하는 투수 모두 Kinetic Chain은 하지와 상지 사이에서 필요한 관계이며, 소프트볼 선수들에게 던지기 관련 부상 예방프로그램을 만드는데 필수적이라고 하였다(Paul, Brown, & Mulcahey, 2021).

야구 선수보다 소프트볼 선수의 부상 발생율이 높음에도 불구하고 현재 국내 소프트볼 종목에서 투수 및 내야, 외야 등의 포지션 선수들에 대한 과사용 및 부상 발생율을 낮출 수 있는 부상 예방프로그램이 없는 실정이다. 부상 발생율을 효과적으로 감소시키기 위해서는 Entire Kinetic Chain 운동을 통한 lumbopelvic-hip complex 및 상지, 하지 근력 강화와 ROM 향상을 위한 동적스트레칭이 포함된 부상 예방프로그램이 필요하다. 따라서 본 연구의 목적은 고등학교 소프트볼 선수들을 대상으로 Entire Kinetic Chain 운동을 기반으로 구성된 부상 예방프로그램을 동계 훈련 8주간 적용하여 하지 및 허리 등속성 근기능의 변화를 분석하는 것이며, 검증된 결과를 바탕으로 부상 예방 및 경기력을 향상시킬 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

연구 대상자는 2022년 11월부터 2023년 2월까지 S시 소속 고등학교 여자 소프트볼 선수를 대상으로 하였다. 현재 대한야구소프트볼협회에 선수등록이 되어 있으며, 의학적으로 질병이 없는 선수로 선정하였다. 연구의 절차와 목적에 대한 설명을 듣고 동의서 작성 후 연구에 자발적으로 참여하였다. 연구 대상의 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 연구대상의 신체적 특성

					M±SD
집단	나이(yr)	신장(cm)	체중(kg)	BMI	체지방량(kg)
Con (n=9)	16,11±1,05	161,33±7,16	64,18±11,66	24,55±3,55	27,23±6,59
Ex (n=9)	16,89±0,93	163,467±6,98	62,84±13,39	23,31±3,37	24,33±6,00

Con : 통제집단, Ex : 운동집단, BMI(신체질량지수): Body Mass Index

## 2. 연구내용 및 절차

연구에 참여한 선수들은 소프트볼 본 운동을 수행하였으며, 부상 예방프로그램은 본 운동 후 추가로 실시하였다. 부상 예방프로그램이 소프트볼 선수들의 등속성 하지, 허리 근기능에 미치는 효과를 알아보기 위해 동계 8주 훈련(Off-Season) 시작 전인, 11월에 사전 측정을 하였으며, Control Group/ n=9명(통제집단), Exercise Group/ n=9명(운동집단)으로 구성하였다. 연구에 의해 개발된 부상 예방프로그램을 8주간 실시하였으며 동계 훈련이 끝나는 시점인 2월에 사후 측정을 진행하였다. 부상 예방프로그램은 다음과 같다.

### 1) 부상 예방프로그램

부상 예방프로그램은 Oliver GD(2011)과 Oliver GD & McKeon(2010)의 부상 예방프로그램으로 구성하였다. Entire Kinetic Chain 운동을 바탕으로 lumbopelvic-hip complex, 복부 근육 강화와 코어 안정화를 통한 하지의 근력 증가에 초점을 두었다. 준비운동, 본 운동, 정리운동으로 총 60분 실시하였으며, 운동은 주 3회 빈도로 동계훈련 8주간 적용하였다. 운동 동작들의 움직임의 범위 및 횟수를 증가시키면서 각 동작을 수행하도록 하였고 정확성 및 안정성에 중점을 두고 실시하였다. 세부 운동프로그램 내용은 <표 2>와 같다.

표 2. 부상 예방프로그램

Stage	Injury Prevention Programs	1~4 Week (reps/set)	5~8 Week (reps/set)	Rest
Warm-up	Foam Roll : Tensor Fascia Latae Foam Roll : IT Band Foam Roll : Thoracic Spine Foam Roll : Lats	30sec/1	30sec/1	-
Work-out	1. Front-plank isometric exercises with contralateral leg and arm extension 2. "Bird-dog" exercise-coactivation of hip extensors, longissimus muscles, scapular stabilizers, and shoulder flexors 3. Side-lying resisted hip abduction 4. Gluteal extension with core stabilization 5. Single-leg Romanian Deadlift 6. BW Push-up 7. BW Lateral Lunge 8. BW Squat	10/3	15/3	0~60sec
Cool-down	Gastrocnemius Stretch Supine Piriformis Stretch Posterior Shoulder Stretch Ball Lat Stretch	30sec/1	30sec/1	-

## 3. 측정 항목 및 방법

### 1) 신체구성 측정

체성분 분석은 생체전기 임피던스 분석기 InBody 770(Bio Space, Korea)를 사용하여 측정하였다. 측정 항목은 신장, 체중, BMI 및 체지방율을 사용하였으며, 금속 물질을 몸에서 모두 제거하고 체력측정 전 신체구성을 측정하였다.

### 2) 등속성 무릎 근관절기능 검사

등속성 무릎 근기능을 측정하기 위해 Humac NORM (CSMI, USA)을 사용하였다. 등속성 프로그램에 각속도 및 예비 운동 횟수를 설정하였으며, 무릎 관절의 굴곡과 신전의 근기능을 평가하기 위해 60°/sec의 각속도에서 3회 실시하였다. 스트랩으로 체간과 대퇴부를 검사대에 고정시켜 검사 중 신체의 움직임을 최소화하였으며, 2~3회 예비 운동을 실시하여 등속성 측정장비의 생소함을 최대한 감소시켰다. 무릎의 ROM을 100°로 지정하였고 무릎을 최대한 폼 때의 지점을 해부학적 자세(Set Anatomical Zero) 0°가 되게 하였다. 또한 중력 보정(Gravity Correction)을 통해 중력의 영향을 감안하였다. '시작' 신호에 따라 최대 힘으로 신전과 굴곡을 반복하여 Peak Torque NM 및 Peak Torque NM/BW, Left, Right Deficit(결손율), 굴근과 신근의 비율(Hamstring/Quadriceps Ratio: H/Q Ratio)을 사용하였다.

### 3) 등속성 허리 근관절기능 검사

등속성 허리 근기능을 측정하기 위하여 등속성 프로그램에 각속도 및 예비 운동 횟수를 설정하였으며, 허리 관절의 굴곡과 신전의 근기능을 평가하기 위하여 30°/sec의 각속도에서 3회 실시하였다. 허리 어태치(attach)에 선 상태에서 스트랩으로 무릎, 허리, 어깨를 고정시켜 검사 중 신체의 이동을 최소화하였다. 허리의 ROM을 100°로 지정하였고 허리를 최대한 폼 때의 지점을 해부학적

자세(Set Anatomical Zero) 0° 가 되게 하였다. 2~3회 예비 운동을 실시하여 등속성 측정장비의 생소함을 최대한 감소시켰다. 등속성 허리 근기능 측정 시 중력 보정(Gravity Correction)을 하지 않았으며, '시작' 신호와 따라 최대 힘으로 굴곡과 신전을 3회 반복하여 Peak Torque Nm, Peak Torque Nm/BW, 굴근과 신근의 비율 (Flexion/Extension Ratio : F/E Ratio)을 사용하였다.

### 3. 자료처리 및 평가방법

본 연구는 통계프로그램 SPSS 25.0(IBM, USA)을 이용하여 자료 처리를 했으며, 평균(M, Mean)과 표준편차(SD, Standard Deviation)를 제시하였다. 부상 예방프로그램에 따른 집단과 시간간의 상호 작용 효과를 검증하기 위해 Two-way repeated measures ANOVA를 사용하였으며, 상호작용 효과가 유의하게 나타난 항목에 대해 사전-사후 검증으로 집단에 따른 independent t-test, 운동 전, 후에 따른 paired t-test를 실시하여 주효과를 검증하였다. 통계적 1종 오류수준은  $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

## III. 연구결과

### 1. 부상 예방프로그램 적용에 따른 등속성 무릎 근기능 결과의 변화

#### 1) 등속성 무릎 근력

본 연구는 동계 훈련 8주간 부상 예방프로그램이 소프트볼 선수들의 하지 및 허리 근력에 미치는 효과를 규명하는데 그 목적이 있다. 부상 예방프로그램에 따른 등속성 무릎 근력의 변화를 알아보기 위해 Two-way repeated measures ANOVA 분석결과는 <표 3>, <표 4>과 같다. 통계집단과 운동집단을 대상으로 처치 및 시간간 상호작용 효과를 규명하기 위해 반복 측정 이원변량 분석 결과 우신근( $F=4.532$ ,  $p=.049$ )과 우굴근( $F=4.920$ ,  $p=.041$ ), 좌신근( $F=5.075$ ,  $p=.039$ )에서 처치 및 시간간 상호작용에 따른 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 상호작용에 따른 주효과 검증을 위해 t-test를 실시한 결과, <그림 1>, <그림 2>에서 나타나는 바와 같이 우굴근( $p=.033$ )과 좌신근( $p=.016$ )의 경우 운동집단에서 부상 예방프로그램 실시 후 사전에 비해 사후가 유의하게 증가한 것으로 나타났다.

표 3. 부상 예방프로그램 적용에 따른 등속성 무릎 근기능의 변화(단위 : Nm)

집단		통제(Con, n=9)		운동(Ex, n=9)		F (GxT)
		사전	사후	사전	사후	
Knee Extensor 60°/sec	Right	147.44±20.55	146.22±28.13	136.44±30.39	151.56±25.30	2.272
	Left	149.22±26.06	148.44±32.75	137.11±29.02	150.56±22.48	2.408
Knee Flexor 60°/sec	Right	83.33±12.85	85.11±14.89	78.78±16.81	86.00±11.88	1.504
	Left	77.44±16.93	80.11±22.03	81.22±11.23	83.56±10.44	.005
Ratio	Right	56.86±8.18	58.57±5.26	58.66±11.23	57.35±6.90	정상비율 3:2(60%)
	Left	51.95±8.07	53.58±6.22	60.61±9.89	55.78±4.32	
Extensor Deficit		0.98±8.29	1.49±10.39	1.26±10.96	5.41±7.84	±10%
Flexor Deficit		7.83±8.69	7.22±11.10	4.73±9.79	2.42±8.43	

\* $p<.05$ , \*\* $p<.01$ , \*\*\* $p<.001$ , GxT: group x time

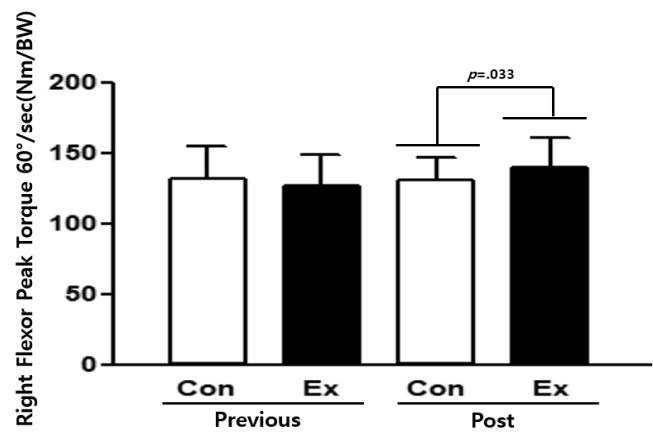


그림 1. 우굴근 등속성 무릎 근기능의 변화

#### 2) 등속성 무릎 근력 비율(H/Q Ratio)

소프트볼 선수들을 대상으로 부상 예방프로그램을 실시한 결과, 운동집단의 햄스트링과 대퇴사두근 근력 비율이 우측 58.66%에서 57.35%, 좌측 60.61%에서 55.78%로 정상 비율을 유지한 것으로 나타났다.

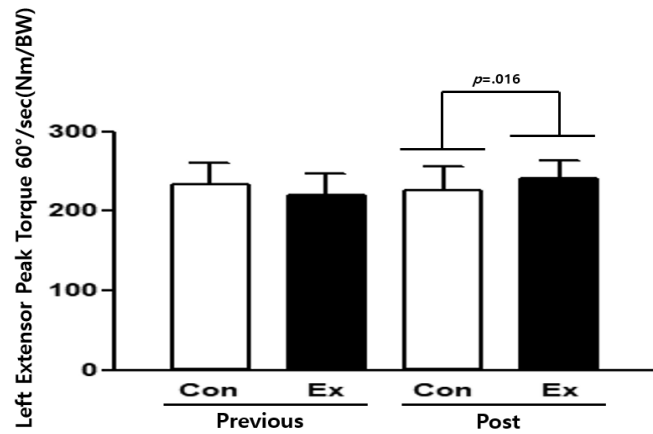


그림 2. 좌신근 등속성 무릎 근기능의 변화

#### 3) 등속성 무릎 근력 결손율(Deficit)

소프트볼 선수들을 대상으로 부상 예방프로그램을 실시한 결과, 운동집단의 신근 결손율이 1.26%에서 5.41%, 굴근 결손율이 4.73%에서 2.42%로 정상 비율을 유지한 것으로 나타났다.

표 4. 부상 예방프로그램 적용에 따른 등속성 무릎 근기능의 변화(단위 : %BW)

집단		통제(Con, n=9)		운동(Ex, n=9)		F (GxT)
		사전	사후	사전	사후	
Knee Extensor 60°/sec	Right	233.05±30.66	222.88±25.44	218.47±26.15	242.86±24.79	4.532*
	Left	234.09±25.75	225.60±29.94	219.58±27.22	241.71±22.02	5.075*
Knee Flexor 60°/sec	Right	132.13±22.85	130.20±16.48	126.95±21.59	139.29±21.55	4.920*
	Left	121.71±23.74	121.12±21.97	132.30±21.71	135.32±20.34	.252

\* $p<.05$ , \*\* $p<.01$ , \*\*\* $p<.001$ , GxT: group x time

## 2. 부상 예방프로그램 적용에 따른 등속성 허리 근기능 결과의 변화

### 1) 등속성 허리 근력

8주간 부상 예방프로그램에 따른 등속성 허리 근력의 변화를 알아보기 위해 Two-way repeated measures ANOVA 분석결과는 <표 5>, <표 6>과 같다. 통제집단과 운동집단을 대상으로 처치 및 시기간 상호작용 효과를 규명하기 위해 반복 측정 이원변량 분석 결과 신근 절대값( $F=7.581$ ,  $p=.014$ ), 상대값( $F=7.069$ ,  $p=.017$ ), 굴근 상대값( $F=4.711$ ,  $p=.045$ )에서 처치 및 시기간 상호작용에 따른 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 상호작용에 따른 주효과 검증을 위해  $t$ -test를 실시한 결과 <그림 3>, <그림 4>, <그림 5>에서 나타나는 바와 같이 굴근 상대값은 운동집단에서 부상 예방프로그램 실시 후 사전에 비해 사후가 유의하게 증가한 것으로 나타났다( $p=.001$ ). 신근 절대값은 운동집단이 통제집단에 비해 부상 예방프로그램 실시 후 유의하게 증가하였으며( $p=.042$ ), 또한 운동집단에서 부상 예방프로그램 실시 후 사전에 비해 사후가 유의하게 증가한 것으로 나타났다( $p=.000$ ). 신근 상대값은 운동집단이 통제집단에 비해 부상 예방프로그램 실시 후 유의하게 증가하였으며( $p=.039$ ), 또한 운동집단에서 부상 예방프로그램 실시 후 사전에 비해 사후가 유의하게 증가한 것으로 나타났다( $p=.002$ ).

표 5. 부상 예방프로그램 적용에 따른 등속성 허리 근기능의 변화(단위 : Nm)

집단	통제(Con, n=9)		운동(Ex, n=9)		F (GxT)
	사전	사후	사전	사후	
Trunk Extensor 30°/sec	142.44±26.59	155.11±28.19	159.00±33.34	187.44±33.52	7.581*
Trunk Flexor 30°/sec	120.00±23.57	130.11±33.61	127.78±30.04	148.78±27.26	3.466
Ratio	85.13±12.29	84.02±15.35	80.35±9.98	79.38±6.00	정상비율 1:1.2(83%)

\* $p<.05$ , \*\* $p<.01$ , \*\*\* $p<.001$ , GxT: group x time

표 6. 부상 예방프로그램 적용에 따른 등속성 허리 근기능의 변화(단위 : %BW)

집단	통제(Con, n=9)		운동(Ex, n=9)		F (GxT)
	사전	사후	사전	사후	
Trunk Extensor 30°/sec	227.19±57.47	241.52±59.98	257.28±47.00	303.56±65.05	7.069*
Trunk Flexor 30°/sec	190.90±44.98	202.59±62.84	204.44±30.54	240.04±42.60	4.711*

\* $p<.05$ , \*\* $p<.01$ , \*\*\* $p<.001$ , GxT: group x time

### 2) 등속성 허리 근력 비율(F/E Ratio)

소프트볼 선수들을 대상으로 부상 예방프로그램을 실시한 결과, 운동집단의 굴근과 신근 근력 비율이 80.35%에서 79.38%로 신근에 비해 굴근의 근력이 부족한 것으로 나타났다.

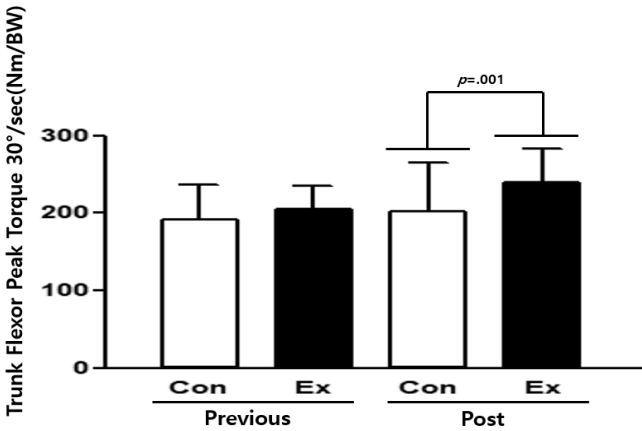


그림 3. 등속성 허리 근기능의 변화

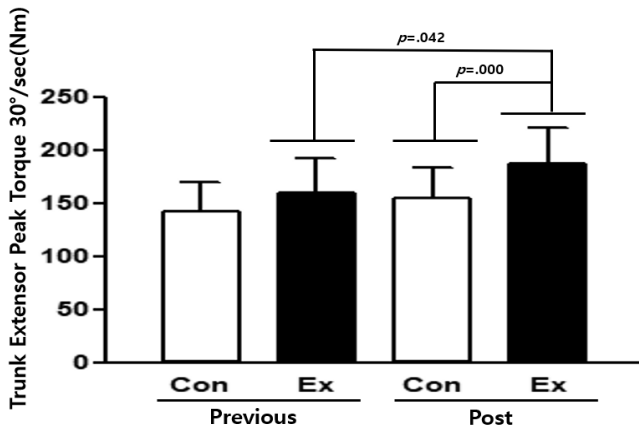


그림 4. 등속성 허리 근기능의 변화

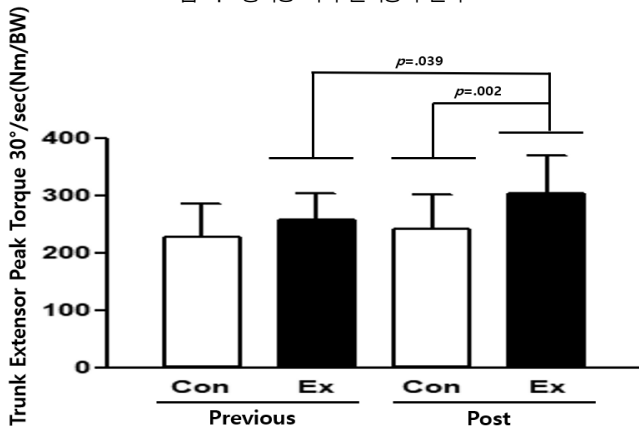


그림 5. 등속성 허리 근기능의 변화

#### IV. 논의

주요 스포츠 단체들은 청소년들이 운동 발달과 부상 예방을 촉진하기 위해 근력과 컨디션 프로그램에 정기적으로 참여하도록 권장하는 것이 중요하다는 것에 대한 합의 성명을 발표했다(Bergeron et al., 2015; Lloyd et al., 2016). 따라서 증거 기반 정보를 사용하여 적절한 부상 예방프로그램을 개발해야 한다.

본 연구는 고등학교 소프트볼 선수들을 대상으로 동계훈련 8주간 부상 예방프로그램이 선수들의 등속성 하지 및 허리 근기능에 미치는 효과를 검증하였다. 연구결과 하지 등속성 근기능에서 우굴근, 좌신근에서 운동 집단이 사전에 비해 사후에서 유의하게 향상된 결과를 보였다. 또한 허리 등속성 근기능에서 굴근과 신근 모두 운동 집단이 사전에 비해 사후에서 유의하게 향상된 결과를 보였다.

어깨와 팔꿈치를 포함한 상지의 운동 특성과 부상은 야구와 소프트볼 연구의 주요 초점이며, 효율적인 에너지 전달 측면에서 하체는 투구, 주루, 타격 등 야구 및 소프트볼의 여러 단계에서 중요한 구성요소이므로(Stodden, Fleisig, McLean, & Andrews 2005; Hartnett, Milner, Bodendorfer, & DeFroda 2022). 부상 예방프로그램이 무릎에 미치는 영향을 조사하였다. 특히 우측 굴근, 좌측 신근 근력이 부상 예방프로그램 적용 후 증가하였으며, <그림 1>, <그림 2>

이는 Park, Kim, Choi, Park, & Hwang(2020)의 결과에서 필라테스 적용 후 양쪽 무릎 근력의 향상을 동반하지 않았으며, 이 연구에서 청소년 야구 선수들은 오른손 잡이 선수였으며 오른쪽이 주사용 손이었다. 따라서 왼쪽 무릎은 던지는 팔의 반대쪽 다리로 정의되는 리드 다리였다. 본 연구의 결과는 사전 검사에서 좌신근 무릎 근력이 우신근 무릎 근력보다 낮았고, 이는 주사용(dominant) 다리와 비사용(non-dominant) 다리 사이의 사지 근력(limb muscle strength)과 상당한 차이가 나타난다는 연구와 일치하는 결과를 나타냈다(Lanshammar & Ribom, 2011). 이러한 차이는 좌우측 결손율과 H/Q Ratio의 감소로 나타나고 좌우측 결손율은  $\pm 10\%$ , H/Q Ratio는  $60 \pm 10\%$  이상의 불균형은 야구에서 주루 및 닫힌 사슬 움직임(Closed Kinetic Movement) 중 발생할 수 있는 운동선수의 비접촉성 다리부상의 위험 요인이 될 수 있다고 하였다(Kim & Hong, 2011). 본 연구에서 부상 예방프로그램은 좌우측 결손율과 H/Q Ratio를 유지하면서 약해진 좌신근 근력을 우신근 근력에 비해 높은 수준으로 향상시켰다. 이러한 변화는 투구 시의 Kinetic Chain 내에서 리드 다리는 감속 및 follow-through 단계 동안 전달되는 에너지를 흡수하면서 버틸 수 있게 지지하며 부상과 관련성이 높다고 하였다(Chu, Jayabalan, Kibler, & Press 2016). 따라서 부상 예방 프로그램은 양쪽 다리의 불균형 및 부상 방지를 위한 적절한 훈련 접근법이 될 수 있을 것이다.

Suchomel, Nimphius, & Stone(2016)는 근력 발달이 운동 능력 향상과 부상 감소에 중요한 역할을 한다고 제안하였다. 야구에서 허리는 인체의 핵심 부분으로 에너지와 힘을 하체에서 상체로 효율적으로 전달하여 공의 속도를 최대화하는 등 투구의 운동학적 메커니즘에 중요한 역할을 한다고 보고하였다(Solomito, Garibay, Woods, Öunpuu, & Nissen, 2015). 또한 허리의 움직임은 상지 부상의 잠재적 위험과 관련이 있다고 하였다(Solomito, Garibay, & Nissen 2018; Aguinaldo, Buttermore, & Chambers, 2007). 본 연구에서는 부상 예방프로그램을 통한 허리 신근과 굴근의 등속성 근력의 증가를 보여 주었다(<그림 3>, <그림 4>, <그림 5>). 이전 연구에서는 스트레칭 운동이 등속성 허리 신근의 근력을 향상시킨다는 것을 입증하였다(Shin et al., 2018).

Song et al., (2014) 연구에서는 청소년 야구 선수들에게 신체 스트레칭을 포함한 기능적 움직임 프로그램은 동작 수행능력의 근력과 유연성을 향상시킨 연구와 일치하는 결과를 보여주고 있으며, 본 연구에서 Entire kinetic chain 운동을 바탕으로 한 부상 예방프로그램의 주요 움직임 때문에 허리 신근과 굴근에서 더 효과적으로 나타난 것으로 보이며, 다양한 훈련 조건이 근력 향상에 긍정적인 이점을 가질 수 있기 때문에(Suchomel, Nimphius, Bellon, & Stone, 2018), 본 연구에서 부상 예방프로그램은 소프트볼의 퍼포먼스를 향상시킬 뿐만 아니라 잠재적인 부상을 예방할 수 있을 것으로 보인다.

소프트볼 경기에서 투구와 타격 시 강한 힘을 발생시키는데 허리의 근력과 안정성은 중요한 요소이다. F/E Ratio는 허리 근육의 근력 능력과 기능적 또는 비대칭을 측정하기 위한 관련 요인이며

(Mueller, Stoll, Mueller, & Mayer, 2012; Zouita, Salah, Dziri, & Beardsley, 2018), 야구 스윙 중 허리 근력과 배트 속도 사이에서 중요한 상관관계를 보고하였다(Chu, Keenan, Allison, Lephart, & Sell, 2015). 일반적으로 운동선수의 허리 근육 F/E Ratio은 허리 신근 근력이 증가함에 따라 낮아지며(Mueller, Mayer, Baur, & Mayer 2011; McGregor, Hill, & Grewar, 2004), 본 연구에서도 부상 예방 프로그램 후 신근의 Peak Torque의 증가에 의해 비율(80.35% ~ 79.38%)이 낮아진 것으로 나타났다. 허리 근력의 차이는 청소년 운동 선수의 연령과 스포츠 특성에 따라 다르지만(Tsolakis et al., 2020), 부상 예방프로그램은 고등학교 소프트볼 선수의 허리 근력을 향상시키고 움직임의 안정화를 시킬 수 있을 것으로 보인다.

## V. 결론 및 제언

본 연구는 고등학교 소프트볼 선수 18명을 대상으로 동계훈련 8주간의 부상 예방프로그램이 등속성 하지 및 허리 근기능에 미치는 효과를 알아본 결과 다음과 같은 결론을 도출했다.

부상 예방프로그램이 하지 등속성 근기능에서 향상된 결과를 보여서 Kinetic Chain 내에서 감속 및 follow-through 단계 동안 전달되는 에너지를 흡수하면서 버틸 수 있게 하는 능력이 향상되고 양쪽 다리의 불균형 방지를 위한 적절한 훈련 방법이 될 수 있을 것이다. 또한 허리 등속성 근기능에서 향상된 결과는 에너지와 힘을 하체에서 상체로 효율적으로 전달하여 공의 속도 및 부상의 잠재적 위험을 예방하고 소프트볼에서의 퍼포먼스를 향상시킬 수 있을 것으로 보인다.

## 참고문헌

- 대한야구소프트볼협회(2023). [www.korea-baseball.com](http://www.korea-baseball.com)
- 하철수, 최명수, 여철훈(2009). 소프트볼 좌타자들의 효율적인 타격을 위한 운동역학적 분석. **한국사회체육학회지**, 37(2), 967-978.
- Aguiñaldo, A. L., Buttermore, J., & Chambers, H. (2007). Effects of upper trunk rotation on shoulder joint torque among baseball pitchers of various levels. *Journal of Applied Biomechanics*, 23(1), 42-51.
- Barrentine, S. W., Fleisig, G. S., Whiteside, J. A., Escamilla, R. F., & Andrews, J. R. (1998). Biomechanics of windmill softball pitching with implications about injury mechanisms at the shoulder and elbow. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 28(6), 405-414.
- Bergeron, M. F., Mountjoy, M., Armstrong, N., Chia, M., Côté, J., Emery, C. A., ... & Engebretsen, L. (2015). International Olympic Committee consensus statement on youth athletic development. *British journal of sports medicine*, 49(13), 843-851.
- Chu, Y., Keenan, K., Allison, K., Lephart, S., & Sell, T. (2015). The positive correlation between trunk, leg, and shoulder strength and linear bat velocity at different ball locations during the baseball swing in adult baseball hitters. *Isokinetics and Exercise Science*, 23(4), 237-244.
- Chu, S. K., Jayabalan, P., Kibler, W. B., & Press, J. (2016). The kinetic chain revisited: new concepts on throwing mechanics and injury. *Pm&r*, 8(3), S69-S77.
- 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(2), 265-270.
- Hartnett, D. A., Milner, J. D., Bodendorfer, B. M., & DeFroda, S. F. (2022). Lower extremity injuries in the baseball athlete. *SAGE open medicine*, 10, 20503121221076369.
- McDowell, M. (2004). Softballs: Assessment of Softball bat safety performance using mid-compression polyurethane Softballs. *Sports biomechanics*, 3(2), 185-194.
- McGregor, A., Hill, A., & Grewar, J. (2004). Trunk strength patterns in elite rowers. *Isokinetics and Exercise Science*, 12(4), 253-261.
- Mueller, S., Mayer, P., Baur, H., & Mayer, F. (2011). Higher velocities in isokinetic dynamometry: A pilot study of new test mode with active compensation of inertia. *Isokinetics and Exercise Science*, 19(2), 63-70.
- Mueller, S., Stoll, J., Mueller, J., & Mayer, F. (2012). Validity of isokinetic trunk measurements with respect to healthy adults, athletes and low back pain patients. *Isokinetics and Exercise Science*, 20(4), 255-266.
- Lanshammar, K., & Ribom, E. L. (2011). Differences in muscle strength in dominant and non-dominant leg in females aged 20-39 years-A population-based study. *Physical Therapy in Sport*, 12(2), 76-79.
- Lloyd, R. S., Cronin, J. B., Faigenbaum, A. D., Haff, G. G., Howard, R., Kraemer, W. J., ... & Oliver, J. L. (2016). National Strength and Conditioning Association position statement on long-term athletic development. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(6), 1491-1509.
- Oliver, G. D. (2010). The windmill softball pitch: optimal mechanics and pathomechanics of injury. *International Journal of Athletic Therapy and Training*, 15(6), 28-31.
- Oliver, G. D. (2011). The windmill softball pitch, part 2: Injury prevention. *International Journal of Athletic Therapy and*

*Training*, 10(1), 27-31.

- Oliver, G. D., & Plummer, H. (2011). Ground reaction forces, kinematics, and muscle activations during the windmill softball pitch. *Journal of Sports Sciences*, 29(10), 1071-1077.
- Patel, N., Bhatia, A., Mullen, C., Bosman, E., & Lear, A. (2021). Professional women's softball injuries: an epidemiological cohort study. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 31(1), 63-69.
- Paul, J., Brown, S. M., & Mulcahey, M. K. (2021). Injury prevention programs for throwing injuries in softball players: a systematic review. *Sports Health*, 13(4), 390-395.
- Park, J. H., Kim, H. J., Choi, D. H., Park, S., & Hwang, Y. Y. (2020). Effects of 8-week Pilates training program on hamstring/quadriceps ratio and trunk strength in adolescent baseball players: a pilot case study. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 10(1), 88.
- Shanley, E., Rauh, M. J., Michener, L. A., & Ellenbecker, T. S. (2011). Incidence of injuries in high school softball and baseball players. *Journal of Athletic Training*, 46(6), 648-654.
- Shanley, E., & Thigpen, C. (2013). Throwing injuries in the adolescent athlete. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 8(5), 630.
- Shin, M. K., Yang, H. S., Yang, H. E., Kim, D. H., Ahn, B. R., Kwon, H., ... & Sim, W. S. (2018). Effects of lumbar strengthening exercise in lower-limb amputees with chronic low back pain. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 42(1), 59-66.
- Solomito, M. J., Garibay, E. J., Woods, J. R., Öunpuu, S., & Nissen, C. W. (2015). Lateral trunk lean in pitchers affects both ball velocity and upper extremity joint moments. *The American Journal of Sports Medicine*, 43(5), 1235-1240.
- Solomito, M. J., Garibay, E. J., & Nissen, C. W. (2018). Sagittal plane trunk tilt is associated with upper extremity joint moments and ball velocity in collegiate baseball pitchers. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 6(10), 2325967118800240.
- Song, H. S., Woo, S. S., So, W. Y., Kim, K. J., Lee, J., & Kim, J. Y. (2014). Effects of 16-week functional movement screen training program on strength and flexibility of elite high school baseball players. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 10(2), 124.
- 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*, 20(1), 44-56.
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Medicine*, 46, 1419-1449.
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2018). The importance of muscular strength: training considerations. *Sports Medicine*, 48, 765-785.
- Tsolakis, C., Simeonidis, T., Georginis, P., Cherouveim, E., Methenitis, S., & Koulouvaris, P. (2020). The effect of gender, age and sports specialisation on isometric trunk strength in Greek high level young athletes. *Sports Biomechanics*, 1-15.
- Zouita, A. B. M., Salah, F. Z. B., Dziri, C., & Beardsley, C. (2018). Comparison of isokinetic trunk flexion and extension torques and powers between athletes and nonathletes. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 14(1), 72.