



## 농구 리바운드 점프 후 착지 시 성별에 따른 무릎의 근신경 생체역학적 요인의 차이 규명

### A Comparison of Sex-based Differences in Knee Neuromuscular Biomechanical Factors during Basketball Rebound Jump

임비오\* · 박용현(서울대학교)

Lim, Bee-Oh\* · Park, Yong-Hyun(Seoul National University)

#### ABSTRACT

B. O. LIM, and Y. H. PARK, A Comparison of Sex-based Differences in Knee Neuromuscular Biomechanical Factors during Basketball Rebound Jump. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 17, No. 3, pp. 23-29, 2007. The purpose of this study were to investigate the differences between female and male basketball players in knee neuromuscular biomechanical factors during basketball rebound jump. Twelve high school female ( $17.9 \pm 0.8$  years) and twelve male ( $19.0 \pm 1.6$  years) basketball players rebound jumped for maximal vertical height to sufficiently stress the anterior cruciate ligament. Kinematic and ground reaction data were collected and combined with inverse dynamics to estimate the knee extensor and abductor torque. The EMG data from the biceps femoris and rectus femoris was used to estimate the ratio of quadriceps muscle activity. Female athletes showed more reduced knee flexion at foot contact, more increased knee abduction, extensor and abductor knee joint torque at foot contact, and quadriceps ratio at stance phase than those of male athletes. In conclusion, Female athletes showed differences in knee neuromuscular biomechanical factors than male athletes during basketball rebound jump.

KEYWORDS : BASKETBALL, KNEE, ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT, FEMALE ATHLETE

## I. 서론

운동 중 입게 되는 부상은 더 이상 운동참여를 못하게 할 뿐만 아니라 경제적 손실과 심리적인 충격을 동시에 가져다준다. 따라서 부상을 입은 후에 치료 및 재

활에 전념하기보다 최대한 사전에 예방하는 것이 더 중요하다. 부상을 예방 하기 위해서는 부상이 일어나는 운동 상황과 부위를 알고 어떠한 부상위험 요소가 있는지를 찾아내는 것이 가장 우선시 되어야할 과제이다. 이렇게 찾아낸 부상 위험 요소는 훈련과 경기 중에 부상 위험을 감소시킬 수 있는 방법을 제시하는 기초자

\* imabo@korea.com

료가 된다.

여자 운동선수들에게 가장 흔한 부상 발생 부위는 무릎이며(Ford et al., 2003) 무릎 부상의 44%는 전방십자인대 손상이다(Meeuwisse et al., 2003). 여자선수들의 전방십자인대 손상은 남자선수들보다 4~7배 더 많이 발생한다(Myklebust et al., 1998).

스포츠 활동 중에 발생하는 전방십자인대 손상의 70%는 경기 중 상대방과 접촉을 통해서 입는 것보다 오히려 점프 후 착지할 때 발생하는 비접촉성 손상이다(Daniel et al., 1994). 손상 원인으로서는 방향전환 하기 전의 급격한 감속, 점프 후 잘못된 착지, 방향 조절 실패 등이다(Griffin et al., 2000). 이러한 원인으로 인해 전방십자인대 손상이 많이 발생하는 대표적인 운동 종목은 농구이다.

농구선수의 부상부위를 발생빈도 별로 보면 발목, 무릎, 대퇴, 발, 머리, 손, 어깨 순이며, 부상부위의 치료로 인한 시간손실 별로 나열하면 무릎, 팔, 발, 발목 순으로 보고되었다(Meeuwisse et al., 2003). 또한 농구 선수에게 발생하는 부상의 경우 접촉성 부상(contact injury)은 비교적 잔부상의 발생빈도가 높고, 비접촉성 부상(non-contact injury)의 경우 치료기간이 긴 부상의 발생빈도가 높다(Meeuwisse et al., 2003). 따라서 농구 선수들에게 있어서 비접촉성 무릎부상이 가장 치명적인 부상임을 알 수 있다.

농구 시합 중 부상발생이 가장 많은 코트 지역은 프리드로우 라인 안쪽이고(Meeuwisse et al., 2003), 시합 중 빈도수가 많은 동작은 점프 및 착지 동작이다(Griffin et al., 2000). 여자 농구 선수에게 프리드로우 라인 안쪽에서의 리바운드 점프 동작은 무릎부상, 특히 전방십자인대 부상의 가장 중요한 요인이며 여자 농구 선수 전방십자인대 부상의 약 60%는 점프 후 착지 동작에서 발생한다고 보고되었다(Ford et al., 2003).

그 동안 의사, 물리치료사, 선수트레이너, 생체 역학자들은 전방십자인대 상해와 관련된 남·여 간의 차이를 연구하였다. 여자 선수들은 남자 선수들에 비해 점프 후 착지할 때 무릎신전모멘트와 외번모멘트가 더 크며(Chappell et al., 2002), 무릎신전모멘트와 외번모멘트의 증가는 전방십자인대의 장력 증가와 연관이 있다(Markoff et al., 1995). 여자 선수들은 착지할 때 무

릎이 덜 굽혀지고 엉덩과 무릎의 내측 회전이 더 크다(Lephart et al., 2002). 또한, 여자 선수들은 무릎을 안정시키기 위해서 대퇴사두근(quadriceps)에 더 의존한다(Malinzak et al., 2001). 앞에서 지적한바와 같이 착지할 때 무릎에 가해지는 부하와 자세에 대한 연구는 여자 선수들의 전방십자인대 상해를 예측할 수 있는 결정요인이다. 그러나 지금까지 진행된 연구들은 부상 메커니즘을 밝히기 위한 실험실 연구들이 대다수였다. 이제는 이러한 메커니즘을 토대로 실제 스포츠 수행 동작에서 부상 원인을 밝히는 것이 중요하다.

본 연구의 목적은 농구경기에서 가장 많은 부상을 일으키는 리바운드 점프 동작에서 성별에 따른 무릎의 근신경 생체역학적 요인의 차이를 규명하는 것이다. 결국 무릎 부상과 관련하여 성의 차이를 이해하는 것은 전방십자인대 손상을 예방하는 효과적인 전략을 세울 수 있게 될 것이다.

본 연구에서 세운 가설은 다음과 같다. 첫째, 농구 리바운드 점프 후 착지 시 여자 선수들은 남자 선수들에 비해서 무릎 굴곡이 감소할 것이다. 둘째, 농구 리바운드 점프 후 착지 시 여자 선수들은 남자 선수들에 비해서 무릎 외번 동작(대퇴최대외번각도)이 증가할 것이다. 셋째, 농구 리바운드 점프 후 착지 시 여자 선수들은 남자 선수들에 비해서 무릎의 신전모멘트가 더 증가할 것이다. 넷째, 농구 리바운드 점프 후 착지 시 여자 선수들은 남자 선수들에 비해서 무릎의 외번모멘트가 더 증가할 것이다. 마지막으로 농구 리바운드 점프 후 착지 시 여자 선수들은 남자 선수들에 비해서 대퇴직근의 활동에 더 의존할 것이다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구에 참가한 연구 대상자는 17~19(17.9±0.8)세 사이의 여자 농구선수 12명과 18~20(19.0±1.6)세 사이의 남자 농구 선수 12명이었다. 과거에 무릎 부상의 경험이 있거나 현재 부상 중인 선수들은 안전을 위해 본 실험에서 제외하였다. 부모, 학교장과 관할 교육청의

실험 참가 동의를 얻어서 본 연구를 수행하였다.

## 2. 측정 도구

고해상도 비디오카메라(HDR-FX1 3대, DCR-VX2100 3대, Sony Corporation) 6대를 사용하였으며, 노출시간은 1/500초, 카메라의 속도는 초당 30프레임으로 설정하였다. 지면반력 자료의 수집은 지면반력 측정기(AMTI ORG-6, MA) 2대를 사용하였으며, 초당 1000Hz로 설정하였다. 근전도는 8채널 무선 노락슨(NORAXON MyoResearch, USA) 시스템을 사용하여 측정하였다.

영상분석, 지면반력, 근전도 신호의 동조는 동조시스템박스(VSAD-101USB, Visol Co)를 사용하였다. 영상분석 신호와 지면반력 신호는 동조시스템박스에 2대의 LED와 지면반력의 동조(sync)채널이 연결되어 있어 동조 버튼을 누르면 2대의 LED에 불빛이 생성되어 6대의 카메라에 불빛 신호가 기록되고, 동시에 지면반력 동조 채널에 전압 신호가 입력되도록 하여 동조시켰다. 근전도 신호는 마지막 채널을 동조(sync)채널로 설정하여 동조 버튼을 누르면 TTL신호가 발생되게 하여 동조시켰다.

## 3. 실험절차

공간 좌표 설정을 위해 통제점 틀을 농구 리바운드 동작을 완전히 포함할 수 있을 정도의 범위에 세웠다. 영상 자료와 지면반력 자료의 축을 일치시키기 위하여 3개의 추가점(additional point)을 지면반력기의 세 모퉁이에 세웠다. DLT방법으로 3차원 좌표를 구하기 위한 촬영준비가 완료된 후, 먼저 비디오카메라를 작동시켜 통제점 틀을 측정하였다. 그런 다음 관절의 중심점을 찾기 위해 양 발을 20cm 평행하게 유지한 정지 자세(static trial)를 약 3초간 촬영했다. 촬영 전에 충분히 농구 리바운드 동작 적응연습을 실시한 후 본 실험을 수행하였다. 농구 리바운드 동작은 두 번 연속으로 천장에 매달린 농구공을 점프해서 잡도록 하였다. 각 연구대상자별로 3번씩 시행하였다. 근전도 분석을 위해 대퇴이두근과 대퇴직근에 표면전극(surface electrode)

을 부착하였다. 부착하기 전 측정오류를 최소화하기 위하여 면도기로 부착될 피부부위의 털을 제거하고 알코올로 깨끗이 세척하였다.

## 4. 자료처리 방법

본 연구에서 통제점 좌표화와 인체 관절 중심점의 좌표화, DLT방법에 의한 3차원 좌표 계산과 자료의 스무딩은 Kwon 3D (version 3.1, Visol) 동작분석 프로그램을 사용하였다. 지면반력 자료의 처리는 Kwongrf(version 2.0, Visol) 지면반력분석 프로그램을 사용하고, 근전도 자료의 처리는 근전도분석 프로그램(MyoResearch v4.0, NORAXON Corporation)을 사용하였다.

## 5. 마커의 부착

인체의 운동학적 변인을 산출하기 위해 반사 마커를 좌·우 상전장골극(Anterior Superior Iliac Spine, ASIS), 상후장골극(Posterior Superior Iliac Spine, PSIS), 좌·우 대전자(Great Trochanter), 좌·우 대퇴 중앙지점(mid thigh), 좌·우 외측상과(Lateral Condyle), 좌·우 내측상과(Medial Condyle), 좌·우 하퇴 중앙지점(mid shank), 좌·우 외과(Lateral Malleolus), 좌·우 내과(Medial Malleolus), 좌·우 뒤꿈치(Heel), 좌·우 앞꿈치(Toe)에 부착하였다.

## 6. 3차원 좌표계산

동조된 2차원 좌표 쌍으로부터 3차원 좌표 계산은 DLT(direct linear transformation) 방법을 이용하였다. 통제점을 사용하여 DLT 계수를 구한 후, 통제점을 치우고 운동체의 3차원 실공간 좌표를 얻었다. 3차원 좌표값을 계산할 때 여러 가지 원인에 의해 노이즈(noise)가 발생하는데, 이러한 노이즈에 의한 오차를 제거하기 위하여 스무딩(smoothing)을 행하였다. 본 연구에서는 저역 통과 필터(lowpass filter) 방법에 의해 스무딩하고, 차단 주파수는 9Hz로 설정하였다(Ford et al., 2003). 각 연구대상자별로 수행한 3번의 시행 수를 분석하였다.

### 7. 관절 중심의 계산

엉덩 관절 중심은 Tylkowsky 방식(Tylkowsky, Simon & Mansour, 1982)을 사용하여 계산하였다. 무릎과 발목 관절의 중심은 Midpoint 방식을 사용하여 계산하였다.

### 8. 무릎 굴곡 각도와 대퇴 외변 각도의 정의

무릎굴곡 각도는 대퇴와 하퇴가 이루는 절대각도이며, 대퇴외변 각도는 대퇴와 하퇴의 방위각(orientation angle, Y좌표)으로 정의한 상대각도이다. 즉, 대퇴외변 각도는 하퇴에 대해 대퇴가 얼마나 무릎 안쪽(medial direction)으로 회전하는가를 의미하는 것이다. (+)값은 내측회전(medial rotation)을 (-)값은 외측회전(lateral rotation)을 의미한다.

### 9. 무릎관절 토크의 산출

하퇴 분절의 자유물체도(Free Body Diagram)는 <그림 1>과 같으며, 무릎관절 토크의 산출식은 다음과 같다. 아래 공식에 의해 계산된 무릎관절 토크를 신장과 체중을 곱한 값으로 나누어 표준화한 후 비교 하였다.

$$\sum \vec{F}_i = \vec{F}_a + \vec{W}_s + \vec{F}_k = m \vec{a}$$

$$\sum \vec{M}_i = \vec{r}_a \times \vec{F}_a + \vec{M}_a + \vec{r}_k \times \vec{F}_k + \vec{M}_k = I \vec{\alpha}$$

### 10. 근전도 자료산출

실험을 통해서 얻은 근전도(raw EMG)를 필터링(recursive digital filter, Matlab Elliptic filter, 10-500Hz band pass)하고, 정류(full-wave rectified)하였다. 부드러운(smooth) 근전도를 얻기 위해서 정류된 근전도를 3Hz의 차단주파수(cutoff frequency)로 다시 필터링(low-pass filtering, single pass, second order Butterworth)하였다. 대퇴이두근과 대퇴직근의 활동비율은 아래 공식과 같이 계산하였다. 농구 리바운드 동작에서 지면 착지구간에서의 적분근전도(IEMG)를 산

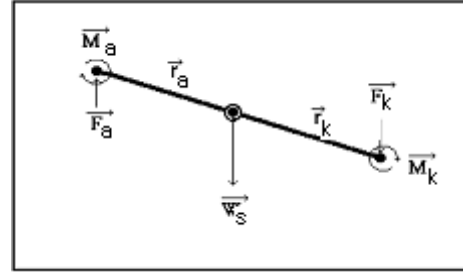


그림 1. 하체 분절의 자유물체도

- $\vec{F}_a$  : 발목관절에서 작용하는 힘
- $\vec{F}_k$  : 무릎관절에서 작용하는 힘
- $\vec{W}_s$  : 하퇴분절의 무게
- $M_a$  : 발목관절에서 작용하는 모멘트
- $M_k$  : 무릎관절에서 작용하는 모멘트
- $\vec{r}_a$  : 하퇴분절의 무게중심에서 발목관절의 위치벡터
- $\vec{r}_k$  : 하퇴분절의 무게중심에서 무릎관절의 위치벡터
- $m$  : 하퇴분절의 질량
- $I$  : 하퇴분절의 관성모멘트

출한 후 계산하였다.

$$\text{EMG ratio}(\%) = \frac{\text{대퇴직근 IEMG}}{\text{대퇴이두근 IEMG} + \text{대퇴직근 IEMG}} \times 100$$

### 11. 통계처리

통계처리는 spss 12.0 for window 프로그램으로 농구 리바운드 점프 후 착지 시 남·여 간 무릎의 근신경 생체역학적 변인의 차이를 규명하기 위하여 독립 t-test를 실시하였다. 가설 검증을 위한 유의 수준은  $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

## III. 결과 및 논의

농구 리바운드 점프 동작에서 성별에 따른 무릎의 근신경 생체역학적 변인의 차이는 <표 1>과 같다.

<표 1>에서 여자선수들은 남자선수들보다 농구 리바운드 후 착지 시 무릎을 덜 굽히고 내측회전(대퇴 최대 외변각도)을 더 크게 하는 것으로 나타났다. 이와 같은 자세를 통해 여자선수들은 무릎의 전방십자인대

에 더 많은 부하를 받게 된다(Ford et al., 2003; Hewett et al., 2001). 또한, 이와 같은 자세는 인대이상(ligament dominance)을 일으킨다. 인대이상은 하지(특히 무릎) 관절에 작용하는 토크를 조절하는 근육조직(musculature)의 이상(inability)과 관련이 있다. 인대이상은 주로 과도한 무릎내측회전 또는 비정상적인 힘이 가해진 결과이다(Ford et al., 2003).

무릎굴곡 감소와 내측회전이 증가된 여자선수들은 관절을 조절하는 능력이 감소되어, 무릎 부상의 위험이 더 커진다(Myer et al., 2002). 이것은 무릎의 굴곡근(hamstrings and gastrocnemius)뿐만 아니라, 외전근(abductors)과 내전근(adductors)의 수축 형태의 변화에 영향을 미친다. 무릎관절에서 근신경 조절능력이 감소하면 무릎 관절이 경직(stiffness)하게 되어 인대 부상 위험이 증가한다(Ford et al., 2003). Ford 등(2003)은 드롭수직점프에서 여자 고등학교 농구 선수들은 남자 선수들에 비해 무릎 내측회전이 11도 더 크게 나타났다고 하였다. 본 연구에서 여자선수들과 남자선수들 사이의 무릎 내측회전의 차이는 약 3도이다. 이와 같은 결과는 농구 리바운드와 같은 스포츠에서 주요한 근신경 생체역학적 성의 차이이다.

Hewett 등(2001)은 동적 무릎관절 안정성(dynamic knee joint stability)의 감소는 여자 선수들의 무릎 부상 비율을 증가시키는 요인이라고 지적하였다. 연구자들은 전방십자인대 부상 위험을 증가시키는 것을 평가하는 정확하고 실제적인 방법은 현재까지 없으며, 무릎 굴곡과 내측회전의 평가는 적어도 위의 딜레마를 해결하는 한 가지 대안이라고 하였다.

<표 1>에서 여자선수들은 남자선수들에 비해 농구 리바운드 후 착지 시 무릎신전토크와 외번토크가 더 크게 나타났다. Chappell 등(2002)은 수직점프의 착지 구간에서 여자 선수들은 남자 선수들에 비해 외번토크가 더 크게 나타났다고 하였다. 무릎에서 신축성 넘다리네갈래근(eccentric quadriceps)의 활동과 외번토크가 결합되었을 때 전방십자인대에 가장 큰 부하가 가해진 다(Arms et al., 1984).

<표 1>에서 여자선수들은 남자선수들에 비해 농구 리바운드 후 착지 시 대퇴직근에 더 의존하는 것으로 나타났다. Hewett 등(2001)은 대퇴사두근(quadriceps)의

표 1. 성별에 따른 무릎의 근신경 생체역학적 변인

변인	성별	여자	남자
무릎 최대 굴곡각도 (°)		89.52 (10.49)	83.44* (6.57)
대퇴 최대 외번각도 (°)		9.13 (5.02)	6.09* (1.72)
착지 시 무릎 신전토크 (N · m/kg · m)		2.00 (0.54)	1.92* (0.41)
착지 시 무릎 외번토크 (N · m/kg · m)		0.86 (0.59)	0.60 (0.28)
대퇴직근 활동비율 (%)		74.05 (6.28)	48.73* (7.72)

\*P<.05

활동이 증가하고 뒤넙다리근(hamstrings)의 활동과 근력이 감소하면 무릎이 불안정하게 되어 무릎 부상이 증가한다고 하였다.

생체역학적 관점에서 여자와 남자의 성장 및 발달 과정은 비슷하다. 그러나 남자들은 성장하면서 파워, 근력, 협응력이 증가한 반면에, 여자들은 근골격계는 성장한 반면에 근신경 적응 능력은 남자들에 비해서 덜 발달해서(Hewett et al., 2002), 여자들의 전방십자인대 상해 발생 비율이 남자보다 더 높게 나타난다고 보고되었다(Adirim & Cheng, 2003).

여자선수들은 호르몬, 신체 구조, 근신경-생체 역학적 요인에서 남자선수들과 차이가 있다(McClay & Ireland, 2001; Deie et al., 2002; Yack et al., 2003; Livingston & Cahagan, 2001; Charlton et al., 2002; Hewett et al., 1999).

호르몬 요인과 관련된 연구에서, 여자 선수들의 월경 불순과 여성호르몬인 에스트로겐이 전방십자인대의 스트레스에 영향을 미친다는 연구보고가 있지만(Deie et al., 2002; Yack et al., 2003), 아직까지 명확한 결론은 보고되지 않았다. 신체 구조 요인과 관련된 연구에서, 여자 선수들은 무릎관절을 이루는 대퇴와 하퇴 접합부의 불안정, 과도하게 앞쪽으로 기울어진 골반, 대퇴와 하퇴가 이루는 각도(Q-Angle)가 남자 선수들과 달라 전방십자인대 손상 비율이 훨씬 더 높다(Livingston & Cahagan, 2001; Charlton et al., 2002; Hewett et al., 1999).

결국, 여자선수들의 전방십자인대 손상 예방과 관련하여 호르몬과 신체 구조 요인은 선천적인 것이어서 바꿀 수 없다. 따라서 자세교정과 올바른 운동동작을

통해 변화시킬 수 있는 근신경-생체 역학적 요인에 초점을 맞추어야 한다.

본 연구에서 농구 리바운드 점프 후 착지 시 무릎의 근신경 생체역학적 요인에서 성별 차이가 나타났다. 이와 같은 차이는 여자 선수들의 비접촉성 전방십자인대 상해의 발생률을 증가시키는 것과 관련이 있다. 근신경 훈련 프로그램은 과도한 무릎의 내측회전을 줄여주고 무릎을 안정시키는데 사용되는 근육들의 불균형을 조절하는 내용으로 디자인되어야 한다. 근신경 불균형을 해결하는 것은 선수들의 움직임 생체역학적으로 최적의 운동수행력을 발휘하게 할뿐만 아니라 무릎 상해 발생률의 감소에도 중요한 요인이다.

#### IV. 결론

여자선수들은 남자선수들보다 농구 리바운드 후 착지 시 무릎의 근신경 생체역학적 요인에 차이가 나타났다. 즉, 여자선수들은 남자선수들에 비해서 무릎을 덜 굽히고 내측회전(대퇴 최대 외번각도)을 더 크게 한다. 또한, 무릎신전토크와 외번토크가 더 크게 나타났으며, 대퇴직근에 더 의존하는 것으로 나타났다. 이는 여자선수들은 남자선수들에 비해서 무릎 관절을 조절하는 능력이 떨어져서, 무릎 부상의 위험이 더 커진다는 것을 의미한다. 여자선수들의 무릎부상 예방 훈련은 자세교정과 올바른 운동동작을 통해 변화시킬 수 있는 근신경-생체 역학적 요인에 초점을 맞추어야 한다.

#### 참고 문헌

- Adirim, T. A., & Cheng, T. L. (2003). Overview of injuries in the young athlete. *Sports Medicine*, 33(1), 75-81.
- Arms, S. W., Pope, M. H., Johnson, R. J., Fischer, R. A., Arvidsson, I., & Eriksson, E. (1984). The biomechanics of anterior cruciate ligament rehabilitation and reconstruction. *American Journal of Sports Medicine*, 12, 8-18.
- Chappell, J. D., Yu, B., Kirkendall, D. T., & Garrett, W. E. (2002). A comparison of knee kinetics between male and female recreational athletes in stop-jump tasks. *American Journal of Sports Medicine*, 30(2), 261-267.
- Charlton, W. P. H., St. John, T. A., Ciccotti, M. G., Harrison, N., & Schweitzer, M. (2002). Differences in the femoral notch anatomy between men and women a magnetic resonance imaging study. *American Journal of Sports Medicine*, 30, 329-333.
- Daniel, D. M., Stone, M. L., & Dobson, B. E. (1994). Fate of the ACL-injured patient: A prospective outcome study. *American Journal of Sports Medicine*, 22(5), 632-644.
- Deie, M., Sakamaki, Y., Sumen, Y., Urabe, Y., & Ikuta, Y. (2002). Anterior knee laxity in young women varies with their menstrual cycle. *International Orthopedic*, 26(3), 154-156.
- Ford, K. R., Myer, G. D., & Hewett, T. E. (2003). Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. *Medicine Science and Sports in Exercise*, 35(10), 1745-1750.
- Griffin, L. Y., Agel, J., & Albohm, M. J. (2000). Noncontact cruciate ligament injuries: Risk factors and prevention strategies. *Journal of American Academic Orthopedic Surgery*, 8, 141-150.
- Hewett, T. E., Lindenfeld, T. N., Riccobene, J. V., & Noyes, F. R. (1999). The effects of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. *American Journal of Sports Medicine*, 27, 699-705.
- Hewett, T. E., Myer, G. D., & Ford, K. R. (2004). Decrease in neuromuscular control about the knee with maturation in female athletes. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 86-A(8), 1601-1608.
- Hewett, T. E., Lindenfeld, T. N., Riccobene, J. V., &

- Noyes, F. R. (1999). The effects of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. *American Journal of Sports Medicine*, 27, 699-705.
- Hewett, T. E., Myer, G. D., & Ford, K. R. (2001). Prevention of anterior cruciate ligament injuries. *Curr Womens Health Rep.* 1-3, 218-224.
- Hewett, T. E., Paterno, M. V., & Myer G. D. (2002). Strategies for enhancing proprioception and neuromuscular control of the knee. *Clinical Orthopedic*, 402, 76-94.
- KWON3D. (2003). Ver 3.1, Visol Co. Korea.
- KWONGRF. (2003). Ver 2.0, Visol Co. Korea.
- Lephart, S. M., Ferris, C. M., Riemann, B. L., Myers, J. B., & Fu, F. H. (2002). Gender differences in strength and lower extremity kinematics during landing. *Clinical Orthopedic*, 401, 162-169.
- Livingston, L. A., & Gahagan, J. C. (2001). The wider gynaecoid pelvis-larger Q angle-greater predisposition to ACL injury relationship: Myth or reality? *Clinical Biomechanics*, 16, 951-952.
- Malinzak, R. A., Colby, S. M., Kirkendall, D. T., Yu, B., & Garrett, W. E. (2001). A comparison of knee joint motion patterns between men and women in selected athletic tasks. *Clinical Biomechanics*, 16, 438-445.
- Markoff, K. L., Burchfield, D. M., Shapiro, M. S., Shepard, M. F., Finerman, G. A., & Slauterbeck, J. L. (1995). Combined knee loading states that generate high anterior cruciate ligament forces. *Journal of Orthopedic Research*, 13, 930-935.
- McClay, D. I., & Ireland, M. L. (2001). The gender bias in ACL injuries: A research retreat. *Clinical Biomechanics*, 16, 937-939.
- Meeuwisse, W. H., Sellmer, R., & Hagel, B. E. (2003). Rates and risks of injury during intercollegiate basketball. *American Journal of Sports Medicine*, 31(3), 379-385.
- Myer, G. D., Ford, K. R., & Hewett, T. E. (2002). A comparison of medial knee motion in basketball players when performing a basketball rebound. *Medicine Science and Sports in Exercise*, 34, S5.
- Myklebust, G., Maehlum, S., Holm, I., & Bahr, R. (1998). A prospective cohort study of anterior cruciate ligament injuries in elite Norwegian team handball. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 8(3), 149-153.
- Tylkowski, C. M., Simon, S. R., & Mansour, J. M. (1982). *Internal rotation gait in spastic cerebral palsy in the hip*. Proceedings of the 10th Open Scientific Meeting of the Hip Society, (Edited by Nelson, J. P.), 89-125. Mosby, St. Louis.
- The American Association of Orthopaedic Surgeons, *Orthopaedists Research Female Knee Problems*, [http://orthoinfo.aaos.org/fact/thr\\_report.cfm?Thread\\_ID=345](http://orthoinfo.aaos.org/fact/thr_report.cfm?Thread_ID=345)
- Yack, H. J., Chandran, R., Rao, S., & Wilken, J. (2003). How normal fluctuations in women influence the biomechanics of stepping and cutting. Proceedings of the ACL Research Retreat II: The Gender Bias. *Journal of Orthopedic Sports Physical Therapy*, 33(8), A28.

투 고 일 : 7월 13일

심 사 일 : 8월 6일

심사완료일 : 9월 5일