

여자 배구 선수들의 스파이크 도약 시 무릎보호대가 전방십자인대 부상위험 요인에 미치는 영향

양창수¹ · 임비오²

¹인천대학교 예술체육대학 운동건강과학부, ²중앙대학교 사범대학 체육교육과

Effects of Knee Brace on the Anterior Cruciate Ligament Injury Risk Factors during Spike Take Off in Female Volleyball Players

Chang-Soo Yang¹ · Bee-Oh Lim²

¹Division of Exercise and Health, College of Arts and Physical Education, Incheon National University, Incheon, Korea

²Department of Physical Education, College of Education, Chungang University, Seoul, Korea

Received 1 March 2014; Received in revised form 18 March 2014; Accepted 26 March 2014

ABSTRACT

In volleyball, the most common injuries are anterior cruciate ligament (ACL) tears. For this reason, volleyball players frequently use knee brace as prophylactic and rehabilitation measures. The purpose of the study was to investigate the effects of knee brace on anterior cruciate ligament injuries risk factors during spike take off in female volleyball players. Fifteen female volleyball players were recruited and performed randomly spike take off with and without knee brace. Kinematics and ground reaction data were collected to estimate the anterior cruciate ligament injuries risk factors. The ACL risk factors are knee maximum flexion angle, thigh maximum adduction angle, thigh maximum internal rotation angle, shank maximum abduction angle, shank maximum external rotation angle, knee maximum extension moment and knee maximum abduction moment. Data were analyzed with paired samples t-test with Bonferroni collection. Female volleyball players with knee brace had no significant results in knee maximum flexion angle, thigh maximum adduction angle, thigh maximum internal rotation angle, shank maximum abduction angle and shank maximum external rotation angle compare to without knee brace. Female volleyball players, however, with knee brace showed more reduced knee maximum extension moment and knee maximal abduction moment than without knee brace. In conclusion, Female volleyball players with knee brace reduced anterior cruciate ligament stress.

Keywords : Knee Brace, Anterior Cruciate Ligament, Injury Risk Factors, Female Volleyball Players

I. 서 론

운동선수들의 신체 중에서 가장 흔하게 부상을 입는 부위는 무릎이며(Ford et al., 2003; Lim, 2007a), 무릎 부상의 44%는 전방십자인대 부상이다(Meeuwisse et al.,

2003; Lim, 2007a). 전방십자인대 부상의 70%는 방향전환 하거나 점프할 때 발생하는 비접촉성 부상이며(Daniel et al., 1994; Lim, 2007b), 여자선수들은 남자 선수들보다 4-9배 이상이나 부상 발생률이 높다(Arendt et al., 1999; Lim et al., 2012; Myklebust et al., 1998). 전방십자인대 부상을 당할 때의 특징은 점프할 때 무릎 신전모멘트와 외반모멘트가 더 크고, 무릎 관절을 덜 굽히고, 대퇴는 더 내반되고 내회전되며, 하퇴는 더 외반되고 외회전 된다. 이러한 상황이 전방십자인대 부상 위험요인이다(Chappell et al., 2002; Hewett et al., 2006; Lim, 2007a; Lim, 2007b; Lim et al., 2012; Han & Lim, 2007).

이 연구는 2013년도 인천대학교 연구진흥사업 지원비에 의하여 연구되었음.
Corresponding Author: Bee-Oh Lim
Department of Physical Education, College of Education, Chungang University, 84 Heukseok-Ro Dongjak-Gu, Seoul, Korea
Tel : +82-10-3201-4483 / Fax : +82-2-812-2729
E-mail: bolim@cau.ac.kr

무릎보호대는 운동 기능은 발휘하게하고, 비정상적인 움직임은 예방하는 목적으로 고안되었다(Han & Lim, 2007). 무릎보호대는 운동수행력의 향상(Rebel & Paessler, 2001), 넵다리네갈래근의 활동 감소(Ramsey et al., 2003), 전방십자인대에 가해지는 과도한 부하 감소(Fleming et al., 2000) 등과 같은 효과가 있다고 보고되었다(Lim, 2007a; Lim, 2007b; Lim et al., 2012; Han & Lim, 2007). DeVita, Lassiter, Hortobagyi와 Torry (1998)은 전방십자인대 수술을 받은 환자 7명을 대상으로 3주가 지난 시점에서 무릎보호대를 착용하고 1.26 m/s의 속도로 걸게 하였더니, 무릎의 신전모멘트가 감소하였으며, 이것은 무릎의 전방십자인대에 가해지는 부하가 감소한 것이라고 보고하였다(Lim, 2007a). 반면에 높은 부하나 예상하지 못한 부하가 가해졌을 때 무릎을 보호하지 않으며(Lim, 2007a; Vails & Pink, 1993), 전방십자인대 수술 후에 무릎보호대를 착용하고 재활운동을 수행한 결과 유의한 효과가 나타나지 않았다고 하였다(Mallory et al., 2003; Moller et al., 2001). Ramsey 등(2001)은 무릎보호대는 주동근과 길항근의 활동을 감소시켜서 오히려 관절 손상의 위험을 증가시킨다고 하면서, 관절을 안정시키는 요인은 무릎보호대가 아니라 고유수용기의 피드백 효과라고 하였다(Lim, 2007a).

무릎보호대와 관련된 대부분의 선행연구들은 일반인 및 전방십자인대 수술을 받은 환자들을 대상으로 걷거나 달리기와 같은 보행 동작을 통해 무릎보호대의 효과를 검증하였다(DeVita et al., 1998; Lu et al., 2006; Theoret & Lamontagne, 2006; Mallory et al., 2003; Moller et al., 2001). 무릎 수술 후 무릎보호대의 효과를 규명하는 것도 중요하지만, 스포츠 상황에서 무릎보호대의 효과를 규명하는 연구도 필요하다. 왜냐하면, 전방십자인대 수술 및 치료비용과 후유증의 문제로 말미암아 요즘에는 치료와 재활의 관점에서 부상기전 및 예방의 관점으로 이동했기 때문이다(Lim, 2007b). 이러한 관점에서 Han과 Lim (2007)은 17-19세 사이의 여자농구선수 13명을 대상으로 리바운드 점프 후 착지할 때 무릎보호대가 무릎의 근신경 생체역학적 변인에 미치는 효과를 규명하였는데, 무릎보호대를 착용하였을 때 대퇴 최대 내측회전각도와 대퇴직근의 활동비율이 감소하였다고 하였다. Lim (2007b)은 16-18세 사이의 여자농구선수 13명을 대상으로 리바운드 점프 후 착지할 때 무릎보호대가 무릎의 신전모멘트를 감소시켰다고 하였다. 또한, Lim 등 (2012)은 여자체조선수 11명을 대상으로 한 발 드롭 착지 시 무릎보호대를 착용하였을 때 발목 중심에서 무릎중심까지의 거리가 유의하게 더 짧게 나타났으며, 무릎의 최대 신전모멘트가 더 감소한 것으로 나타났다고 하였다. 스포츠 상황에서 무릎보호대의 효과를 규명한 3편의 연구 모두에서 무릎보호대는 전방십자인대

에 가해지는 부하를 감소시켰다고 결론 내렸다.

배구 경기는 무릎의 전방십자인대에 과도한 부하가 가해지는 스파이크 도약이 수십 차례 이루어지는 매우 격렬한 운동종목이다. 이러한 특성으로 인하여 무릎의 전방십자인대 부상 발생률도 높은 비율(4.8%)을 차지한다(Mountcastle et al., 2007). 이러한 상황에서 여자 배구 선수들은 무릎을 보호하기 위해서 무릎보호대를 착용한다. 그럼에도 불구하고, 여자 배구 선수들은 빈번하게 전방십자인대 부상을 입게 되고, 전방십자인대에 과도한 스트레스가 가해지는 스파이크 도약 동작에서 무릎보호대의 역할을 규명한 연구는 아직까지 없었다. 이러한 역할의 규명은 배구 선수들이 전방십자인대 부상을 예방하기 위해서 무릎보호대를 착용해야 하는 지에 대한 유용한 정보를 제공할 것이다. 본 연구의 목적은 여자배구 선수들을 대상으로 스파이크 도약 시 무릎 보호대가 전방십자인대 부상위험 요인에 미치는 역할을 규명하는 것이다.

II. 연구방법

1. 연구 대상자

본 연구에 참가한 연구 대상자는 16-18세 사이의 여자 배구선수 15명이다. 신장은 175.7±5.1 cm, 체중은 53.9±4.8 kg, 나이는 17.5±1.7세, 선수경력은 6.1±1.8년이다. 현재 부상 중이거나 과거에 부상 경험이 있는 선수들은 안전을 위해 본 실험에서 제외하였다. 선수 본인, 코치와 학교장의 실험 참가 동의를 얻어서 본 연구를 수행하였다.

2. 실험도구

본 연구의 종속변인을 측정하는데 사용된 실험도구에는 영상분석 시스템(Motion analysis, USA)과 지면반력 시스템(AMTI, USA)이다.

3. 실험 절차

공간 좌표 설정을 위해 캘리브레이션 막대(calibration wand)를 이용하여 분석 범위를 설정하였다. 그 후에 분석 대상 부위에 반사마커를 부착한 후 정적인 자세를 약 5초간 촬영한 후 본 실험에 착수하였다. 인체의 운동학적 변인을 산출하기 위한 반사 마커를 부착한 신체 부위는 좌·우 상전장골극(Anterior Superior Iliac Spine [ASIS]), 상후장골극(Posterior Superior Iliac Spine [PSIS]), 좌·우 대퇴 중앙지점(mid thigh), 좌·우 외측상과(lateral epicondyle), 좌·우 하퇴 중앙지점(mid shank), 좌·우 외과(lateral malleolus), 좌·우 내과(medial malleolus), 좌·우

뒤꿈치(heel), 좌·우 앞꿈치(toe)이다. 15명의 여자 배구선수들은 스파이크 도약 시 무릎보호대를 착용하지 않고 3번, 무릎보호대를 착용하고 3번씩 총 6회 무작위로 수행하였다(Figure 1). 배구 스파이크 도약 동작을 촬영하기 위해 좌·우로 2대씩, 전·후 1대씩 총 6대의 동작분석용 적외선 카메라(Eagle Camera, Motion Analysis., USA)를 설치하였다. 각 카메라는 초당 120프레임으로 샘플링 하였다. 배구 스파이크 도약 지점에 지면반력(AMTI ORG-6)기 2대를 박스에서 15 cm 떨어진 지점에 설치한 후 1대에 한 발씩 초당 1200 Hz로 샘플링 하였다. 분석은 주동발로 하였다.

본 실험에 사용된 무릎보호대(ZAMST ZK-7, SIGMAX, Japan)는 <Figure 2>와 같으며, 전방십자인대 부상을 예방하도록 제작되었다.

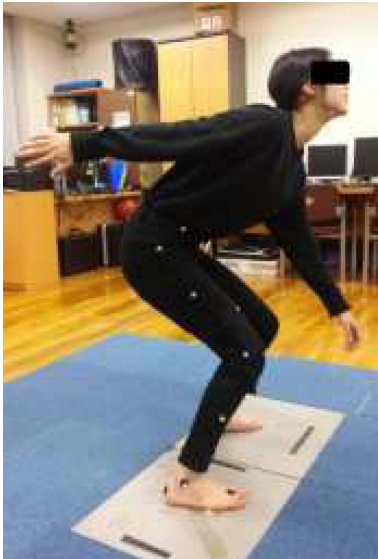


Figure 1. Marker set and experiment situation



Figure 2. Knee brace

3. 자료 분석

(1) 3차원 좌표의 산출

6대의 카메라에서 얻은 2차원 평면상의 데이터는 NLT (non-linear transformation) 방법에 의해서 3차원 공간상의 데이터로 변환하였다. 3차원 좌표 계산 시 발생하는 노이즈(noise)를 제거하기 위하여 Butterworth 4th low-pass digital filters를 사용하였으며, 차단주파수는 9 Hz로 설정하였다(Ford, Myer & Hewett, 2003).

(2) 관절 중심의 산출

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

(3) 관절의 상대각도의 산출

엉덩, 무릎, 발목 관절 중심의 계산과 근위분절에 대한 원위분절의 상대 자세변인의 계산을 위한 인체좌표계(지역좌표계) 설정 방법은 <Figure 3>과 같다. 무릎관절의 지역좌표계는 엉덩관절에서 정의된 지역좌표계와 동일한 방법으로 설정하였다.

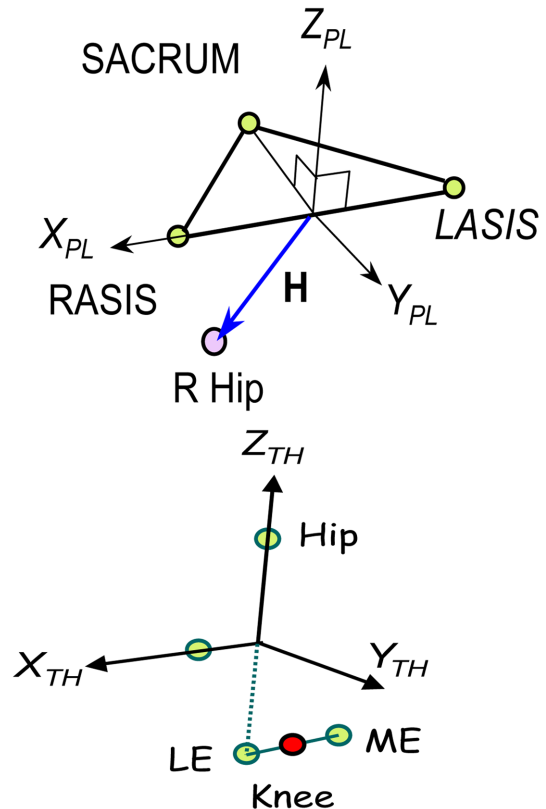


Figure 3. Local reference coordinate of pelvis and hip joint

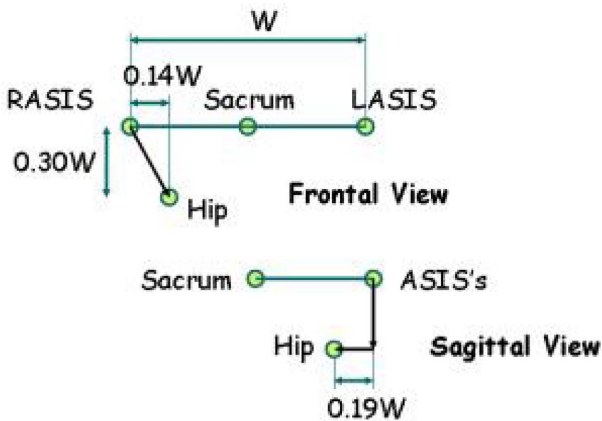


Figure 4. calculation of hip joint center (Tylkowski et al., 1982)

발, 무릎, 엉덩 관절 중심은 Tylkowsky 방식(Tylkowski et al., 1982)을 사용하여 계산하였다. 엉덩 관절 중심의 계산 방법은 <Figure 4>와 같고, 무릎 관절 중심의 계산 방법은 <Figure 3-below>와 같다. 발목 관절 중심의 계산 방법은 무릎 관절 중심의 계산 방법과 동일하다.

(4) 분석구간의 설정

분석구간은 배구 스파이크 도약을 위해 지면반력기에 발이 착지하는 시점(foot contact [FC])에서 발이 지면반력기를 차고 떨어지는 시점(foot take off [FTO])까지의 구간이다.

(5) 통계분석

15명의 여자배구 선수들에 의해 수행된 스파이크 도약 시 무릎보호대 착용 유·무에 따른 무릎의 전방십자인대 부상 위험요인에 미치는 영향을 규명하기 위해 중속 t-test를 실시하였다. t-test의 오류를 줄이기 위해서 본페로니 컬렉션을 수행하였다. 통계적 유의성을 검증하기 위한 유의수준은 .05로 설정하였으며, SPSS 18.0(IBM, USA)프로그램을 사용하였다.

III. 결 과

배구 스파이크 도약 시 무릎보호대 착용 유·무에 따른 무릎의 전방십자인대 부상위험 요인에 미치는 영향은 <Table 1>과 같다. <Table 1>에서 무릎보호대를 착용한 여자배구 선수들은 무릎보호대를 착용하지 않았을 때와 비교하여 무릎 최대 굴곡각도, 엉덩 최대 내전각도, 엉덩 최대 내측회전 각도, 무릎 최대 외전각도 및 무릎 최대 외측회전 각도에서는 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 그러나, 무릎보호대를 착용한 여자배구 선수들은 무릎보호대를 착용하지 않았을 때와 비교하여 통계적으로 유의하게 무

Table 1. Anterior cruciate ligament injury risk factors during volleyball spike take off

	Without brace	With brace
Hip maximum adduction angle (°)	9.24 (3.84)	8.91 (3.57)
Hip maximum internal rotation angle (°)	10.94 (6.84)	10.39 (5.30)
Knee maximum flexion angle (°)	24.98 (8.94)	22.61 (6.53)
Knee maximum abduction angle (°)	2.61 (3.15)	2.59 (2.61)
Knee maximum external rotation angle (°)	3.68 (5.91)	3.53 (4.67)
Knee maximum extension moment (Nm/kg-m)	1.23 (0.12)	1.03* (0.11)
Knee maximum abduction moment (Nm/kg-m)	0.61 (0.07)	0.43* (0.05)

mean (standard deviation)

*p<.05

릎 최대 신전 모멘트(p=.041)와 무릎 최대 외전 모멘트(p=.037)가 더 작게 나타났다.

IV. 논 의

본 연구는 15명의 여자배구 선수들을 대상으로 스파이크 도약 시 무릎보호대 착용 유·무가 무릎의 전방십자인대 부상 위험요인에 미치는 영향을 규명하는 것이다.

무릎보호대를 착용한 여자배구 선수들은 무릎보호대를 착용하지 않았을 때와 비교하여 무릎 최대 굴곡각도가 더 작게 나타났으나 통계적인 차이는 나타나지 않았다 <Table 1>. McNair, Marshall과 Matheson (1990)은 전방십자인대 부상은 무릎굴곡이 0°에서 20° 굴곡 사이에서 일어났으며, Olsen, Myklebust, Engebretsen과 Bahr (2004)와 Boden, Dean, Feagin과 Garrett (2000)의 비디오 분석에 의하면, 무릎굴곡이 0°에서 30° 사이에서 전방십자인대 부상이 일어났다고 하였다(Han & Lim, 2007; Yang & Lim, 2014). Choi와 Lim (2009)의 연구에서 여자발레무용수들은 남자발레무용수들보다 박스 드롭 착지 시 최대 무릎굴곡각도에서 성의 차이가 나타났으며, Malinzak, Colby, Kirkendall, Yu와 Garrett (2001)은 사이드스텝 동작 중에 여자선수들은 남자선수들에 비해 지지구간에서 무릎 굴곡각도가 감소하였다고 보고하였다(Han & Lim, 2009; Yang & Lim, 2014). Fagenbaum과 Darling (2003)은 여자선수들은 남자선수들에 비해 훨씬 큰 무릎 굴곡 각도로 착지한다고 하였고, Huston, Vibert, Ashton-Miller와 Wojtys (2001)은 60 cm 높이에서 착지 시 무릎 굴곡이 감소하였으나, 20 cm 높이에서는 차이가 없었다고 하였다

(Choi & Lim, 2009; Han & Lim, 2007; Yang & Lim, 2014). 그러나, McLean, Neal, Myers와 Walters (1999)는 이와 유사한 동작을 수행했을 때 성별의 차이가 나타나지 않았다고 하였고, Ford 등 (2005)은 방향전환 동작 시 예상치 못한 시각적 단서에 대한 반응에서 무릎 굴곡의 차이가 없었다고 하였다(Choi & Lim, 2009; Han & Lim, 2007; Yang & Lim, 2014). Hewett 등(2006)은 무릎 굴곡 각도는 전방십자인대 부상 위험 요인 중의 하나이지만, 무릎 굴곡각도만으로 전방십자인대 부상 위험이 있다고 판단하는 것은 너무 비약이며, 여러 복합적인 요인에 의해서 발생한다고 보고하였다(Choi & Lim, 2009; Han & Lim, 2007; Yang & Lim, 2014). 본 연구에서는 최대 무릎굴곡 각도는 평균 22°에서 25° 사이로 나타났다. 여자농구 선수들을 대상으로 한 Han과 Lim (2007)의 연구와 여자체조 선수들을 대상으로 한 Lim 등 (2012)에서도 무릎 보호대 착용유무와 관계없이 무릎굴곡 각도(15-19°)에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 선행연구와 본 연구에서의 무릎각도의 차이는 동작과제(점프 후 착지와 드롭착지 vs 스파이크 도약)의 차이로 인한 것으로 판단된다. 점프 후 착지와 드롭 착지 시에는 엉덩 관절과 무릎 관절이 동시에 굴곡되는데, 이때 엉덩 관절을 굽히는 데 사용되는 주동근인 대퇴사두근(quadriceps)의 대퇴직근(rectus femoris)과 무릎 관절을 굽히는데 사용되는 햄스트링근(hamstrings)이 2개의 관절 근육(two-joint muscle)이므로 동시에 수축하게 된다. 이 때 대퇴사두근은 신장성수축(eccentric contraction)을 햄스트링근은 단축성수축(concentric contraction)을 하게 된다. 반면에 스파이크 도약 시에는 엉덩 관절과 무릎 관절이 동시에 신전되며, 대퇴사두근은 단축성수축을 햄스트링근은 신장성수축을 하게 된다. 이러한 근육 활동의 차이가 무릎 굴곡 각도의 차이를 나타나게 한 것으로 판단된다.

무릎보호대를 착용한 여자배구 선수들은 무릎보호대를 착용하지 않았을 때와 비교하여 엉덩 최대 내전각도, 엉덩 최대 내측회전 각도, 무릎 최대 외전각도 및 무릎 최대 외측회전 각도에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(Table 1). 이러한 변인은 무릎의 외반(valgus) 자세를 의미한다. 따라서 본 연구에서는 무릎보호대의 착용유무와 관계없이 무릎의 외반에서는 차이가 없다는 것을 의미한다. Han과 Lim (2007)의 연구에서는 농구 리바운드 착지 시 무릎보호대를 착용하였을 때 대퇴 최대 내측회전 각도가 더 작게 나타났다고 하였다. 이는 전방십자인대에 스트레스를 증가시킨다고 하였다(Ford et al., 2003; Myer, Ford, & Hewett, 2002; Lim et al., 2012). Hewett과 Ford (2004)는 횡단면에서 무릎 동작을 조절하지 못하는 매우 고난도의 위험 과제는 무릎의 외반 동작을 무너뜨리

고 전방십자인대 파열을 일으킬 수 있다고 하였다(Han & Lim, 2007; Yang & Lim, 2014). 선행연구의 결과와 차이가 나는 이유는 동작(농구 리바운드 점프 후 착지 및 한 발 드롭 착지 vs 배구 스파이크 도약)과 지면에 접촉하는 방식(양발 vs 한발)의 차이 때문인 것으로 판단된다(Han & Lim, 2007; Lim et al., 2012). 이러한 결과는 착지 및 도약 시 관여하는 근육 활동의 차이와 한발 착지와 양발 착지 시 작용하는 근육 활동의 차이인 것으로 판단된다. 이러한 요인에 대한 후속연구가 진행되어야 한다.

무릎보호대를 착용한 여자배구 선수들은 무릎보호대를 착용하지 않았을 때와 비교하여 통계적으로 유의하게 무릎 최대 신전 모멘트($p=.041$)와 무릎 최대 외전 모멘트($p=.037$)가 더 작게 나타났다. DeVita 등 (1998)은 전방십자인대 수술환자 7명을 대상으로 3주가 지난 시점에서 무릎보호대를 착용하고 1.26 m/s의 속도로 걷게 하였다. 그 결과 무릎의 신전모멘트가 감소하였는데, 이는 무릎의 전방십자인대에 가해지는 부하의 감소와 밀접한 관계가 있다고 보고하였다(Lim et al., 2013; Yang & Lim, 2014). Lim (2007a)는 16-18세 사이의 여자농구 선수 13명을 대상으로 농구 리바운드 점프 후 착지 시 무릎보호대의 효과를 규명하였다. 연구결과, 무릎보호대를 착용하고 리바운드 점프 후 착지 시 무릎의 신전모멘트가 감소하게 나타났다. 이는 전방십자인대에 가해지는 부하를 감소시키는 결과라고 하였다(Lim et al., 2013; Yang & Lim, 2014). Han과 Lim (2007)의 연구에서는 농구 리바운드 착지 시 무릎보호대를 착용하였을 때 무릎보호대를 착용하지 않았을 때와 비교하여 무릎 최대 외전모멘트가 더 작게 나타났다고 보고하였다(Lim et al., 2013; Yang & Lim, 2014). 무릎 최대 외전모멘트가 증가된 여자 선수들은 관절을 조절하는 능력이 감소되어 무릎 부상이 증가되었으며, 이는 무릎 관절을 조절하는 능력이 감소되어 무릎의 굴곡근(hamstrings), 외전근(abductors) 및 내전근(adductors)의 수축 형태에도 영향을 미쳐서 근신경 조절 능력이 감소하게 되고 이는 무릎 관절을 경직(stiffness) 시켜서 전방십자인대 부상이 증가한다고 하였다(Han & Lim, 2007; Ford et al., 2003; Lim et al., 2013; Yang & Lim, 2014). 결국, 무릎보호대는 무릎 최대 신전모멘트와 외전모멘트를 감소시켜 전방십자인대 부상위험 요인이 감소된 것이다(Han & Lim, 2007; Lim et al., 2013; Yang & Lim, 2014). 따라서, 여자배구 선수들은 경기나 연습할 때 무릎보호대를 착용하는 것이 무릎을 보호하는데 도움이 된다고 판단된다. 그러나 무릎보호대는 근육의 역할을 보조하기도 하므로, 무릎보호대를 착용할 때에는 근력 보강운동을 충분히 해주어서 무릎관련 근육이 약해지지 않도록 주의하는 것이 중요하다고 판단된다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 15명의 여자배구 선수들을 대상으로 배구 스파이크 도약 시 무릎보호대가 무릎의 전방십자인대 부상 위험요인에 미치는 영향을 규명하는 것이다. 본 연구의 목적을 달성하기 위하여 영상분석 시스템과 지면반력 시스템을 활용하였다. 연구결과, 여자 배구 선수들은 무릎보호대를 착용하였을 때에는 무릎보호대를 착용하지 않았을 때와 비교하여 스파이크 도약 시 무릎의 최대 전진모멘트와 무릎의 최대 외전모멘트가 더 감소하게 나타났다. 이러한 결과를 종합하면, 여자배구 선수들의 스파이크 도약 시 무릎보호대의 착용이 무릎의 전방십자인대에 가해지는 부하를 감소시킨 것이다. 추후 무릎보호대 종류별로 효과를 규명하는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

- Arendt, E., & Dick, R. (1995). Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer. NCAA data and review of literature. *American Journal of Sports Medicine*, 23, 694-701.
- Boden, B. P., Dean, G. S., Feagin, J. A., & Garrett, W. E. Jr. (2000). Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics*, 23, 573-578.
- 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.
- Choi, I. A., & Lim, B. O. (2009). Difference in lower extremity landing biomechanics between male and female ballet dancers during the box drop landing. *Korean Journal of Sports Biomechanics*, 19(4), 647-653.
- 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.
- DeVita, P., Lassiter, T. Jr., Hortobagyi, T., & Torry, M. (1998). Functional knee brace effects during walking in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *American Journal of Sports Medicine*, 26(6), 778-784.
- Fagenbaum, R. & Darling, W. G. (2003). Jump landing strategies in male and female college athletes and the implications of such strategies for anterior cruciate ligament injury. *American Journal of Sports Medicine*, 31, 233-240.
- Fleming, B. C., Renstrom, P. A., Beynnon, B. D., Engstrom, B., & Peura, G. (2000). The influence of functional knee bracing on the anterior cruciate ligament strain biomechanics in weightbearing and nonweightbearing knees. *American Journal of Sports Medicine*, 28, 815-824.
- 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.
- Ford, K. R., Myer, G. D., Smith, R. L., Byrnes, R. N., Dopirak, S. E., & Hewett, T. E. (2005). Use of an overhead goal alters vertical jump performance and biomechanics. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19, 394-399.
- Han, K. H., & Lim, B. O. (2007). The effects of knee brace on the knee muscular neuro-biomechanical variables during the rebound in female highschool basketball players. *Korean Journal of Sports Biomechanics*, 17(4), 107-113.
- Hewett, T. E., Myer, G. D., & Ford, K. R. (2006). Anterior cruciate ligament injuries in female athletes part 1, mechanisms and risk factors. *The American journal of sports medicine*, 34(2), 299-311.
- Hewett, T. E., Myer, G. D., & Ford, K. R. (2004). Decrease in neuromuscular control about the knee with maturation in female athletes. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 86(8), 1601-1608.
- Huston, L. J., Vibert, B., Ashton-Miller, J. A., & Wojtys, E. M. (2001). Gender differences in knee angle when landing from a drop-jump. *American Journal of Knee Surgery*, 14, 215-219.
- Lim, B. O. (2007a). Does a knee brace decrease recurrent anterior cruciate ligament injuries? *Health & Sports Medicine; Official Journal of KACEP*, 9(1), 103-109.
- Lim, B. O. (2007b). The effects of knee brace on the knee extensor and valgus moment during the rebound in female high-school basketball player. *The Korean Journal of Physical Education*, 46(4), 509-514.
- Lim, B. O., Kim, K. W., & Seo, J. S. (2012). The effects of knee brace on anterior cruciate ligament injuries risk factors during one-legged landing of female gymnasts. *The Korean Journal of Physical Education*, 51(4), 419-425.
- Lim, B. O., Ryu, Y., & Kim, K. W. (2013). Effects of gymnasts shoes on risk factors of anterior cruciate ligament injuries during drop landing in female gymnasts. *Korean Journal of Sports Biomechanics*, 23(3), 219-223.
- Lu, T. W., Lin, H. C., & Hsu, H. C. (2006). Influence of functional bracing on the kinetics of anterior cruciate ligament-injured knees during level walking. *Clinical Biomechanics*, 21(5), 517-524.
- 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.
- Mallory, N., Kelsberg, G., Ketchell, D., & Lord, J. L. (2003). Clinical inquiries. Does a knee brace decrease recurrent ACL injuries? *The Journal of Family Practice*, 52(10), 803-804.
- McLean, S. G., Neal, R. J., Myers, P. T., & Walters, M. R. (1999). Knee joint kinematics during the sidestep cutting maneuver: potential for injury in women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31, 959-968.
- McNair, P. J., Marshall, R. N., & Matheson, J. A. (1990). Important features associated with acute anterior cruciate ligament injury. *New Zealand Medical Journal*, 103, 537-539.
- 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.
- Moller, E., Forssblad, M., Hansson, L., Wange, P., & Weidenhielm, L. (2001). Bracing versus nonbracing in rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized pro-

- spective study with 2-year follow-up. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 9, 102-108.
- Mountcastle, S. B., Posner, M., Kragh, J. F. & Taylor, D. C. (2007). Gender differences in anterior cruciate ligament injury vary with activity: epidemiology of anterior cruciate ligament injuries in a young, athletic population. *American Journal of Sports Medicine*, 35(10), 1635-1642.
- 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(5):S247.
- 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.
- Olsen, O. E., Myklebust, G., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis. *American Journal of Sports Medicine*, 32, 1002-1012.
- Ramsey, D. K., Lamontagne, M., Wretenberg, P. F., & Valentin, A. (2001). Assessment of functional knee bracing: an in vivo three-dimensional kinematic analysis of the anterior cruciate deficient knee. *Clinical Biomechanics*, 16, 61-70.
- Ramsey, D. K., Wretenberg, P. F., Lamontagne, M., & Nemeth, G. (2003). Electromyographic and biomechanic analysis of anterior cruciate ligament deficiency and functional knee bracing. *Clinical Biomechanics*, 18, 28-34.
- Rebel, M., & Paessler, H. H. (2001). The effect of knee brace on coordination and neuronal leg muscle control: an early post-operative functional study in anterior cruciate ligament reconstructed patients. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 9, 272-281.
- Theoret, D., & Lamontagne, M. (2006). Study on three-dimensional kinematics and electromyography of ACL deficient knee participants wearing a functional knee brace during running. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 14(6), 555-563.
- 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.
- Vailas, J. C. & Pink, M. (1993). Biomechanical effects of functional knee bracing. Practical implications. *Sports Medicine*, 15(3), 210-218.
- Yang, C. S., & Lim, B. O. (2014). Effects of arm position on anterior cruciate ligament injury risk factors in single-limb drop landing. *The Korean Journal of Physical Education*, 53(1), 441-449.