



박스 드롭 착지 시 남자와 여자 발레 무용수들의 하지의 생체역학적 요인의 차이

Difference in Lower Extremity Landing Biomechanics between Male and Female Ballet Dancers During the Box Drop Landing

최인애(한양대학교) · 임비오*(서울대학교)

Choi, In-Ae(Hanyang University) · Lim, Bee-Oh*(Sports Science Institute in Seoul National University)

국문요약

본 연구의 목적은 박스 드롭 착지 시 남자와 여자 발레 무용수들의 하지의 생체역학적 요인의 차이를 규명하는 것이다. 본 연구에 참가한 연구 대상자는 20~23세 사이의 여자발레무용수 9명과 21~24세 사이의 남자발레무용수 9명이었다. 박스 드롭 착지 동작은 양 발을 편안하게 벌린 상태에서 연구대상자의 무릎 높이의 박스 위에서 지면반력기 위에 뛰어 내리도록 하였다. 하지의 생체역학적 변인의 계산을 위해서 6대의 고해상도 비디오카메라와 2대의 지면반력기 그리고 8채널 무선 근전도 시스템을 사용하였다. 변인의 차이를 규명하기 위해서 성(2수준, 남자 발레 무용수 · 여자 발레 무용수)을 독립변인으로 하는 독립 t-test를 실시하였다. 연구결과, 여자발레무용수들은 남자발레 무용수들보다 박스 드롭 착지 시 최대무릎굴곡각도 변인에서 성의 차이가 나타났으나, 나머지 하지의 생체역학적 요인들에서는 성의 차이가 나타나지 않았다. 어린 나이에 점프와 착지 훈련과 교육을 받는 것은 잠재적인 전방십자 인대 부상위험 요인을 감소시킨다.

ABSTRACT

I. A. CHOI, and B. O. LIM, Difference in Lower Extremity Landing Biomechanics between Male and Female Ballet Dancers During the Box Drop Landing. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 19, No. 4, pp. 647-653, 2009. The purpose of this study was to investigate the differences between female and male ballet dancers in anterior cruciate ligament injury risk factors during the box drop landing task. Nine female and nine male collegiate ballet dancers participated in this study. Kinematic and ground reaction data were collected and combined with inverse dynamics to estimate the knee extensor and abductor moment. EMG data from the biceps femoris and rectus femoris were used to estimate the ratio of quadriceps-hamstrings muscle activity. No gender differences in anterior cruciate ligament injury risk factors were found during the box drop landing task. A significant relationship was found between female and male ballet dancers in the knee flexion angle.

KEYWORDS : ANTERIOR CURCIATE LIGAMENT, RISK FACTORS, FEMALE, BALLET DANCERS, LANDING

I. 서론

여자 선수들은 남자 선수들보다 전방십자인대 부상 발생률이 4~7배 높다(임비오, 박용현, 2007; 임비오 등, 2008; 한기훈, 임비오, 2007; Arendt & Dick, 1995; Ferretti, Papandrea & Conteduca, 1992; Mykdebust, Maehlum, Holm & Bahr, 1998). 스포츠 활동 중에 발생하는 전방십자인대 부상의 70%는 경기 중 상대방과 접촉을 통해서 입는 것보다 오히려 방향전환 또는 점프 후 착지할 때 발생하는 비접촉성 부상이다(임비오 등, 2007; 임비오 등, 2008; 한기훈 등, 2007; Daniel, Stone & Dobson, 1994; Noyes, Mooar & Neimann, 1983). 부상 원인으로는 방향전환을 하기 전의 급격한 감속, 점프 후 잘못된 착지, 방향 조절 실패 등이다(임비오 등, 2007; 임비오 등, 2008; 한기훈 등, 2007; Griffin, Agel & Albohm, 2000; Noyes et al., 1983).

의사, 물리치료사, 선수트레이너, 생체 역학자들은 전방십자인대 손상과 관련된 남·여 간의 차이를 연구하였다. 그 결과 여자 선수들은 남자 선수들에 비해 점프 후 착지할 때 무릎신전모멘트와 외번모멘트가 더 크며(Chappell, Yu, Kirkendall & Garrett, 2002), 무릎신전모멘트와 외번모멘트의 증가는 전방십자인대의 장력 증가와 연관이 있다(Markoff et al., 1995). 여자 선수들은 착지할 때 무릎을 덜 굽히고 대퇴 분절의 내측 회전과 하퇴 분절의 외측 회전을 더 크게 한다(Lephart, Ferris, Riemann, Myers & Fu, 2002). 또한, 여자 선수들은 무릎을 안정시키기 위해서 대퇴사두근(quadriceps)에 더 의존한다(Malinzak, Colby, Kirkendall, Yu & Garrett, 2001).

임비오 등(2007)은 농구 리바운드 후 착지 시 무릎의 근신경 생체역학적 요인에서 성의 차이가 나타났다고 보고하였다. 즉, 여자선수들은 남자선수들에 비해서 무릎을 덜 굽히고 대퇴 분절의 내측회전이 더 크게 나타났다. 또한, 무릎의 신전 모멘트와 외번 모멘트가 더 크게 나타났으며, 대퇴직근에 더 의존하였다. 이는 여자선수들은 남자선수들에 비해서 무릎 관절을 조절하는 능력이 떨어져서, 무릎 부상의 위험이 더 커진 것이었다고 보고 하였다.

발레 무용수들은 구기 종목의 선수들만큼 고 강도의

신체 활동을 하며(Nicholas, 1975), 매일 훈련과 시합을 하는 동안 약 200회 이상의 점프 후 착지 동작을 수행한다(Liederbach et al., 2006). 발레 동작의 예술적인 표현을 위한 점프와 착지 동작은 무릎에 큰 충격이 가해지고, 반복되는 고강도의 착지 동작은 전방십자인대 부상 위험을 증가시킬 것으로 여겨진다.

따라서 본 연구자는 박스 드롭 착지 시 남자와 여자 발레 무용수들의 하지의 생체역학적 요인의 차이를 규명하고자 본 연구를 수행하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구에 참가한 연구 대상자는 20~23(22.7±0.9)세 사이의 여자발레무용수 9명과 21~24(23.2±1.3)세 사이의 남자발레무용수 9명이었다. 여자발레무용수들의 경력은 7~12(9.4±2.3)년, 남자발레무용수들의 경력은 6~11(8.5±2.5)년이었다. 여자발레무용수들이 발레 교육을 받기 시작한 나이는 11.3±3.9세, 남자발레무용수들이 발레 교육을 받기 시작한 나이는 15.8±2.8세였다. 여자발레무용수들의 신장과 체중은 164.8±4.3cm와 51.5±3.6kg, 남자발레무용수들의 신장과 체중은 173.1±6.9cm와 65.9±5.1kg이다. 과거에 무릎 부상의 경험이 있거나 현재 부상 중인 무용수들은 안전을 위해 본 실험에서 제외하였다. 부모, 학교장과 관할 교육청의 실험 참가 동의를 얻어서 본 연구를 수행하였다.

2. 실험도구

고해상도 비디오카메라(MotionMaster100, 비솔, 광명) 6대를 사용하였으며, 노출시간은 1/500초, 카메라의 속도는 초당 100프레임으로 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 연구 대상자의 박스 드롭 착지 동작을 완전히 포함할 수 있을 정도의 범위에 세운 후 통제점 틀의 앞쪽과 뒤쪽에 각각 3대씩, 총 6대의 고해상도 비디오카메라(Motion Master100, 비솔, 광명)를 설치하였다. 박스 드롭 착지 동작을 하기 전에 통제점 틀을 촬영하고 제거한 후, 통제점 틀 공간 내에서 박스 드롭 착지 동작을 실시하였다. 박스 드롭 착지 동작 수행 순서는 무작위로 배정하였다. 분석 대상점의 좌표를 자동으로 획득하기 위해서 연구 대상자의 몸에 반사 마커를 부착하였다. 지역 좌표계 설정과 관절의 중심점을 찾기 위해 양 발을 20cm 평행하게 유지한 정지 자세(static trial)를 약 3초간 촬영하였다. 정지 자세에서 관절의 중심점을 찾기 위해서 사용되었던 좌·우 내과(medial malleous), 좌·우 내측상과(medial epicondyle) 마커는 드롭 랜딩 동작 수행 전에 제거하였다. 6대의 고해상도 비디오카메라를 사용하여 100Hz의 속도로 드롭 랜딩 동작을 촬영하였다. 근전도 분석을 위해 대퇴이두근과 대퇴직근에 표면전극(surface electrode)을 부착하였다. 부착하기 전 측정오류를 최소화하기 위하여 면도기로 부착될 피부부위의 털을 제거하고 알코올로 깨끗이 세척하였다. 박스 드롭 착지 동작은 양 발을 편안하게 벌린 상태에서 연구대상자의 무릎 높이의 박스 위에서 지면반력이 위에 뛰어 내려 양 발로 착지하였다. 박스 드롭 착지 동작 시 넘어지거나 균형을 잃거나 손을 지면에 닿지 않은 성공적인 3회의 시기를 기록하였다.

4. 자료분석

본 연구에서 통제점 좌표화와 인체 관절 중심점의 좌표화, 동조, DLT방법에 의한 3차원 좌표 계산과 자료의 스무딩은 Kwon3D XP(비솔, 광명) 동작분석 프로그램을 사용하였다. 좌표화를 위한 인체 위치는 총 19개로 좌·우 발끝(toe), 좌·우 뒤꿈치(heel), 좌·우 외과(lateral malleous), 좌·우 내과(medial malleous), 좌·우 정강이 중앙(mid shank), 좌·우 외측상과(lateral epicondyle), 좌·우 내측상과(medial epicondyle), 좌·우 대퇴중앙(mid thigh), 좌·우 상전 장골극(ASIS), 선골(sacrum)이다. 인체좌표계 설정 및 관절 중심은 Tylkowsky 방식(Tylkowsky, Simon & Mansour, 1982)을 사용하여 계산하였다. 하퇴 및 대퇴 분절의 굴곡/신전, 내번/외번, 내측/외측회전 각도는 관절좌표계의 방향각(orientation angle)을 통해서 계산하였다(Grood & Suntay, 1983). 무릎의 신전 및 외번 모멘트는 Winter(1980) 방식을 사용하여 계산하였다. 성의 차이를 비교하기 위해서 무릎의 신전 및 외번 모멘트의 값을 체중과 신장을 곱한 값으로 나누었다. 박스 드롭 착지 동작 시 각 연구대상자별로 주동발(dominant leg)의 성공적인 3회의 자료를 평균 내었다. 실험을 통해서 얻은 근전도(raw EMG)를 10Hz의 차단주파수(cutoff frequency)로 필터링(low-pass filtering, single pass, second order Butterworth)하였다. 대퇴이두근과 대퇴직근의 활동비율은 아래 공식과 같이 계산하였다. 박스 드롭 착지 동작에서 지면 착지구간에서의 적분근전도(IEMG)를 산출한 후 계산하였다.

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

5. 통계분석

본 연구는 박스 드롭 착지 시 남자와 여자 발레 무용수들의 하지의 생체역학적 요인의 차이를 규명하는 것이다. 따라서 성(2수준, 남자 발레 무용수·여자 발레 무용수)을 독립변인으로 하는 독립 t-test를 실시하였다.

가설 검증을 위한 유의 수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였으며, 윈도우용 SPSS(Ver 14.0) 프로그램을 이용하였다.

III. 연구결과

박스 드롭 착지 동작에서 성별에 따른 하지의 생체 역학적 요인의 차이는 <표 1>과 같다.

표 1. 성별에 따른 하지의 생체역학적 요인

변인	성별	여자발레 무용수	남자발레 무용수
최대 무릎 굴곡각도 (°)		59.86 (7.37)	67.75* (8.94)
최대 대퇴 내측회전 각도 (°)		6.39 (7.18)	2.80 (6.24)
최대 하퇴 외측회전 각도 (°)		-5.83 (7.54)	-3.92 (10.06)
최대 무릎 신전 모멘트 (N · m/kg · m)		1.26 (0.76)	1.18 (0.67)
최대 무릎 외번 모멘트 (N · m/kg · m)		-0.59 (0.43)	-0.39 (0.42)
대퇴직근 활동비율 (%)		61.91 (15.50)	56.81 (16.81)

* $p<0.05$

<표 1>에서 여자발레무용수들은 남자발레무용수들보다 박스 드롭 착지 시 최대 무릎 굴곡각도가 더 작게 나타났다($p=0.042$). 이는 무릎을 덜 굽히면서 착지하는 것을 의미한다. 여자발레무용수들은 남자발레무용수들보다 박스 드롭 착지 시 대퇴를 내측으로 더 회전시키는 것으로 나타났지만, 통계적인 차이는 나타나지 않았다($p=0.106$). 여자발레무용수들은 남자발레무용수들보다 박스 드롭 착지 시 하퇴를 외측으로 더 회전시키는 것으로 나타났지만, 통계적인 차이는 나타나지 않았다($p=0.237$). 여자발레무용수들은 남자발레무용수들보다 박스 드롭 착지 시 최대 무릎신전모멘트를 더 증가 시키는 것으로 나타났지만, 통계적인 차이는 나타나지 않았다($p=0.158$). 여자발레무용수들은 남자발레무용수들보다 박스 드롭 착지 시 최대 무릎외번모멘트를 더 증가 시키는 것으로 나타났지만, 통계적인 차이는 나타나지 않았다($p=0.234$).

<그림 1>에서 여자발레무용수들은 남자발레무용수들보다 박스 드롭 착지 시 대퇴직근의 근육활동에 더 의존하는 것으로 나타났지만(61.91% 대 56.81%), 통계적인 차이는 나타나지 않았다($p=0.097$).

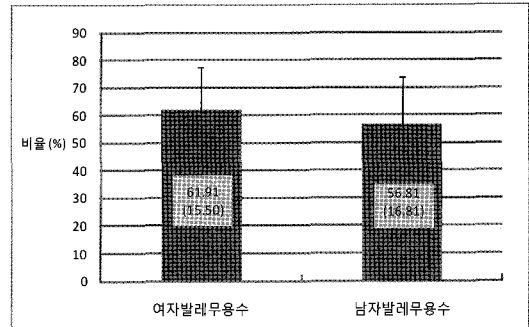


그림 1. 대퇴직근 활동비율

IV. 논의

본 연구는 박스 드롭 착지 시 남자와 여자발레무용수들의 하지의 생체역학적 요인의 차이를 규명하는 것이다. 많은 선행연구에서 여자와 남자 운동선수들의 점프 후 착지 동작에서 전방십자인대 부상 위험 요인들에서 성의 차이가 나타났다(Decker, Torry, Wyland, Sterett & Steadman, 2003; Ford et al., 2006; Hewett, Ford, Myer, Wanstrath & Schepers, 2006). 그러나 본 연구를 수행한 결과, 여자발레무용수들은 남자발레무용수들보다 박스 드롭 착지 시 최대무릎굴곡각도 변인에서 성의 차이가 나타났으나, 나머지 전방십자인대 부상 위험 변인들에서는 성의 차이가 나타나지 않았다.

발레 무용수들은 공연을 준비하기 위해 매일 엄청난 훈련을 한다. 매일의 훈련 프로그램에는 고강도의 점프 후 착지 동작이 포함되어 있다(Liederbach et al., 2006). 이러한 동작은 무릎에 큰 충격을 주게 되어 무릎의 전방십자인대 부상 위험을 증가시킬 것으로 판단된다. 그러나 Liederbach, Dilgen과 Rose(2008)의 연구에 의하면, 무용수들의 전방십자인대 부상율은 1,000명당 0.009명으로, 구기 운동의 전방십자인대 부상율인 1,000명당 0.31명보다 더 낮다. Orishimo, Kremenic, Pappas, Hagins

과 Liederbach(2009)은 무용수들의 전방십자인대 부상 비율이 낮은 이유로 훈련과 경험, 2가지를 들었다. 축구, 농구, 배구와 같은 구기 운동종목 선수들은 착지 동작 기술에 대한 훈련을 받지 못하는 반면에 무용수들은 예술적 표현에 초점을 맞춘 매우 특별한 착지 동작 훈련을 어린 나이부터 교육을 받는다(Liederbach et al., 2008). Orishimo et al.(2009)에 의하면 무용수들은 초기 착지 시에 최추는 세우고 하지는 최대한으로 신전시키도록 교육받는다. 그 이후에 발가락 뼈(phalanges)와 발허리 뼈머리(metatarsal heads)를 이용하여 원심성 수축 조절을 통해 부드러운 착지를 수행하도록 교육받는다. 모든 발레무용수들이 이러한 교육을 똑 같이 받는 것은 아니지만, 착지 동작의 중요성과 방법 등을 배우게 되며, 이 부분이 일반 운동선수들과 구별되는 차이이다. 발레무용수들은 이러한 교육을 통하여 하지의 굴곡 움직임 범위를 증가시킴으로써 착지 시 가해지는 충격력을 분산시킴으로써 부드러운 착지를 수행하는 것이다. 본 연구의 대상자들인 여자 발레 무용수들이 발레 교육을 받기 시작한 나이는 11.3 ± 3.9 세, 남자 발레 무용수들이 발레 교육을 받기 시작한 나이는 15.8 ± 2.8 세였다. 따라서 선행연구와 본 연구의 결과를 토대로, 본 연구에 참가한 대상자들은 고강도의 착지 동작을 어린 나이에 교육받았기 때문에 전방십자인대 부상을 일으키는 위험요인 변인들에서 성의 차이가 나타나지 않았다고 판단된다.

발레무용수들은 한 발로 착지할 때보다 두 발로 착지할 때 무릎 관절에 가해지는 신전모멘트와 외번모멘트를 더 감소시키는 것으로 나타났다. Orishimo et al.(2009)의 연구의 결과는 본 연구의 결과보다 무릎 관절에 가해지는 신전모멘트와 외번모멘트가 증가하였다. 그 이유는 체중을 한 발로 지탱하였을 때가 두 발로 지탱하였을 때보다 무릎 관절에 가해지는 회전력이 더 크기 때문이다. 왜냐하면 두 발로 착지 하였을 때에는 양 발로 체중의 부하를 분산시키기 때문이다.

본 연구에서 유일하게 여자발레무용수들은 남자발레무용수들보다 박스 드롭 착지 시 최대무릎굴곡각도 변인에서 성의 차이가 나타났다. 이와 관련된 선행연구에서는 무릎 굴곡 각도에 대한 성별의 차이는 매우 다양하게 나타났다. 예를 들어, 사이드스텝 동작 중에 여자 선수들은 남자선수들에 비해 지지구간에서 무릎 굴곡이

감소하였다(Malinzak et al., 2001). 하지만 McLean 등(1999)은 이와 유사한 동작을 수행할 때 성별의 차이가 없었다고 하였다. Ford et al.(2005)은 방향전환 동작 시 예상치 못한 시각적 단서에 대한 반응에서 무릎 굴곡의 차이가 없었다고 하였다. Huston, Vibert, Ashton-Miller & Wojtys(2001)은 60cm 높이에서 착지 시 무릎 굴곡이 감소하였으며, 20cm 높이에서는 차이가 없었다고 하였다. 그러나 Fagenbaum과 Darling(2003)은 여자선수들은 남자선수들에 비해 훨씬 큰 무릎 굴곡 각도로 착지한다고 하였다. 따라서 여자선수들은 남자선수들에 비해 보다 더 큰 무릎 굴곡 각도로 착지하는지에 대해서는 의견이 일치하지 않았다. 결국, 많은 선행 연구에서 여성들의 무릎 굴곡 각도는 남성들의 각도와 같거나 거의 비슷하다고 결론 내렸다. 무릎 굴곡 각도는 전방십자인대 부상 위험 요인 중의 하나이다. 그러나 이러한 한 가지 요인만으로 전방십자인대 부상 위험이 있다고 판단하는 것은 너무 비약이며, 여러 복합적인 요인에 의해 발생한다(Ford et al., 2006; Hewett et al., 2006).

Solomonow, Baratta & Zhou(1987)은 전방십자인대에 직접적으로 미치는 부하를 감소시키기 위해서는 대퇴직근의 활동을 적절하게 억제하는 동시에 대퇴이두근의 활동을 더 증가시키는 것이라고 하였다. 본 연구에서 발레무용수들에게는 근육활동비율에서 성별로 통계적인 차이가 나타나지 않았다. 대퇴직근과 대퇴이두근에 대한 근육활동비율에서 남녀 차이가 나타나지 않은 것이 발레무용수들의 착지 시 근육조절에 영향을 미치며, 이러한 이유가 결국 무용수들의 전방십자인대 부상을 1000명당 0.009명으로 낮춘 이유라고 판단된다. 또한, 본 연구에 참가한 연구대상자들은 장기간 발레를 했음에도 불구하고 과거에 무릎 부상의 경력이 한 번도 없는 발레무용수들이기 때문에 근육활동을 조절하는 능력이 뛰어나다. 이러한 요인도 전방십자인대 부상을 감소시킨 한 가지 요인이라 판단된다.

후속 연구에서는 본 연구자들을 대상으로 예상치 못한 착지 동작에서 전방십자인대 부상위험 요인들의 차이를 규명하는 것이 필요할 것으로 사료된다. 전방십자인대 부상 비율은 예상치 못한 동작에서 더 증가하며, 무용수들은 무용 공연을 위해 안무 중에 부상을 많이

입기 때문이다. 무용수들에게서 무릎 부상 비율이 낮았다는 점을 고려하면, 구기종목과 무용수들의 착지 동작에 차이가 있는지를 알아보는 것도 의미가 있을 것이다. 따라서 축구, 농구, 배구, 핸드볼 등의 구기종목과 발레, 고전무용, 현대무용 등의 무용수들과의 착지 동작의 차이를 규명하는 것도 필요하다. 그리고 차이가 나타난다면 이 문제를 해결할 수 있는 운동프로그램을 개발하는 후속연구를 진행하겠다.

V. 결론

본 연구에서 여자발레무용수들은 남자발레무용수들과 비교해서 박스 드롭 착지 시 전방십자인대 부상 위험 요인들에서는 성의 차이가 나타나지 않았다. 여자발레 무용수들은 고강도의 착지 동작을 어린 나이에 교육받았기 때문에 전방십자인대 부상을 일으키는 위험요인 변인들에서 남자발레무용수들과 비교하여 성의 차이가 나타나지 않았다.

참고문헌

- 임비오, 박용현(2007). 농구 리바운드 점프 후 착지 시 성별에 따른 무릎의 근신경 생체역학적 요인의 차이 규명. *한국운동역학회지*, 17(3), 23-29.
- 임비오, 정철수, 신인식, 김석범, 남기정, 이상우, 박용현 (2008). 스포츠상해 예방훈련이 여자고등학교 농구선수들의 리바운드 점프 후 착지 시 지면반력에 미치는 영향. *한국운동역학회지*, 18(1), 31-38.
- 한기훈, 임비오(2007). 여자고등학교 농구 선수들이 리바운드 점프 후 착지할 때 무릎보호대가 무릎의 근신경 생체역학적 변인에 미치는 효과. *한국운동역학회지*, 17(4), 107-113.
- 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.
- 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.
- 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.
- Decker, M. J., Torry, M. R., Wyland, D. J., Sterett, W. I., & Steadman, J. R.(2003). Gender differences in lower extremity kinematics, kinetics and energy absorption during landing. *Clinical Biomechanics*, 18, 662-669.
- 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.
- Ferretti, A., Papandrea, P., & Conteduca, F.(1992). Knee ligament injuries in volleyball players. *American Journal of Sports Medicine*, 20(2), 203-204.
- Ford, K. R., Myer, G. D., Smith, R. L., Vianello, R. M., Seiwert, S. L., & Hewett, T. E.(2006). A comparison of dynamic coronal plane excursion between matched male and female athletes when performing single leg landings. *Clinical Biomechanics*, 21, 33-40.
- Ford, K. R., Myer, G. D., Toms, H. E., & Hewett, T. E. (2005). Gender differences in the kinematics of unanticipated cutting in young athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37, 124-129.
- Griffin, L. Y., Agel, J., & Albohm, M. J.(2000). Noncontact cruciate ligament injuries: Risk factors and prevention strategies. *Journal of American Academic Orthopaedic Surgery*, 8, 141-150.
- Grood, E. S., & Suntay, W. J.(1983). A joint coordinate system for the clinical description of three-dimensional motions: application to the

- knee. *Journal of Biomechanics*, 105, 136-144.
- Hewett, T. E., Ford, K. R., Myer, G. D., Wanstrath, K., & Scheper, M.(2006). Gender differences in hip adduction motion and torque during a single-leg agility maneuver. *Journal of Orthopaedic Research*, 24, 416-421.
- 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.
- 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 Orthopaedic*, 401, 162-169.
- Liederbach, M., Dilgen, F. E., & Rose, D. J.(2008). Incidence of anterior cruciate ligament injuries among elite ballet and modern dancers: a 5-year prospective study. *American Journal of Sports Medicine*, 36, 1779-1788.
- Liederbach, M., Richardson, M., Rodriguez, M., Compagno, J., Dilgen, F. E., & Rose, D. J. (2006). Jump exposures in the dance training environment: a measure of ergonomic demand. *Jornal of Athletic Training*, 41, S85.
- 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 Orthopaedic Research*, 13, 930-935.
- 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.
- 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.
- Nicholas, J. A.(1975). Risk factors, sports medicine and the orthopaedic system: an overview. *Journal of Sports Medicine*, 3, 243-259.
- Noyes, F. R., Mooar, P. A., & Neimann, R.(1983). The symptomatic anterior cruciate-deficient knee. Part I: The long-term functional disability in athletically active individuals. *Journal of Bone Joint and Surgery*, 65(A), 154-162.
- Orishimo, K. F., Kremenic, I. J., Pappas, E., Hagins, M., & Liederbach, M.(2009). Comparison of landing biomechanics between male and female professional dancers. *American Journal of Sports Medicine*, Preview, 1-7.
- Solomonow, M., Baratta, R., & Zhou, B. H.(1987). The synergistic action of the anterior cruciate ligament and thigh muscles in maintaining joint stability. *American Journal of Sports Medicine*, 15, 207-213.
- 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.
- Winter, D. A.(1980). Overall principle of lower limb support during stance phase of gait. *Journal of Biomechanics*, 13, 923-927.

투 고 일 : 10월 31일
 심 사 일 : 11월 11일
 심사완료일 : 12월 27일