

양발 착지 시 성별에 따른 상해 경험이 하지관절의 운동역학적 변인에 미치는 영향

이성열* · 권문석†

용인대학교 스포츠·웰니스 연구센터*, 건국대학교 스포츠융복합연구소†
(2019년 5월 27일 접수; 2019년 6월 11일 수정; 2019년 6월 12일 채택)

The Effect of Gender Difference in Injury Experience on Biomechanical Variables of Lower Extremity during Two Leg Drop Landing

Lee Seong-Yeol · Kwon Moon-Seok†

*Department of Sports & Wellness Research Center, Yongin University, 134 Yongindaehak-ro,
Cheoin-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do 17092, Korea**
*Sports Convergence Institute, Konkuk University, 268 Chungwon-daero, Chungju-si,
Chungcheongbuk-do 27478, Korea†*

(Received May 27, 2019; Revised June 11, 2019; Accepted June 12, 2019)

요약 : 본 연구는 양발 착지 시 성별에 따른 상해 경험이 무릎과 엉덩관절의 움직임 및 수직 지면반력에 미치는 영향을 분석하는데 목적이 있었다. 20대 남성 20명(상해 경험 8명, 비상해 경험 12명), 여성 20명(상해 경험 11명, 비상해 경험 9명)을 연구대상자로 선정하였다. 높이 45cm 박스에서 양발 착지를 통해 얻어진 운동역학적 변인을 Two-way mixed ANOVA를 실시하였으며, bonferroni adjustment를 이용하여 사후검증 하였다($p < .05$). 본 연구결과 상해를 경험한 여성 그룹은 무릎 관절의 외반 및 내측회전 그리고 엉덩관절의 굴곡 및 외측회전 운동을 증가시켜 최대 수직 지면반발력의 감소를 유도할 수 있었던 것으로 판단된다. 상해를 경험하지 않은 여성 그룹의 경우 최대 무릎 굴곡각도가 가장 작게 나타났을 뿐만 아니라 엉덩관절의 굴곡과 외측회전 각도에서 가장 적은 수치를 나타내었고 최대 수직 지면반발력은 가장 높게 나타났다. 반면, 상해를 경험하지 않은 여성 INE 그룹의 경우 IE 그룹에 비해 상대적으로 무릎과 엉덩관절을 활용하지 못함으로써 높은 수직 지면반발력을 나타내었고, 이는 상대적으로 상해 위험성에 많이 노출되어 있음을 의미한다. 따라서 성별에 따른 상해 경험이 무릎과 엉덩관절의 운동과 최대 수직 지면반발력의 크기에 요인들에 영향을 주는 요인들임을 알 수 있었다.

주제어 : 양발 착지, 성별, 상해 경험, 하지관절, 감속운동

†Corresponding author
(E-mail: rnsjanstjr@kku.ac.kr)

Abstract : Abstract : The purpose of this study was to investigate the effects of gender difference in injury experience on biomechanical variables of lower extremity during two leg drop landing. 20 male(injury experience=8, non-injury experience=12) and 20 female(injury experience=11, non-Injury Experience=9) in their 20's were selected as subjects. Two-way mixed ANOVA was performed on the biomechanical variables obtained from the two leg drop landing in a 45cm height box and post-test was performed with bonferroni adjustment($p < .05$). The results of this study suggest that the group of female who injury experience could induce the reduction of the peak vertical ground reaction force by increasing the valgus and internal rotation of the knee joint and flexion and internal rotation of the hip joint. In the INE(injury non-experienced) female group, the peak knee flexion angle was the smallest, as well as the flexion of the hip joint and the external rotation angle, and the peak vertical ground reaction force was the highest. On the other hand, the INE female group showed high vertical ground reaction force because they did not utilize the knee and hip joints relatively than the IE(injury experienced) female group, this means that it is relatively exposed to the risk of injury. Therefore, it was found that gender difference in injury experience is a factor affecting factors of knee and hip joint movement and peak vertical GRF(ground reaction force).

Keywords : Two Leg Drop Landing, Gender, Injury Experience, Lower Extremity, Deceleration

1. 서론

양발 착지는 스포츠 현장에서 빈번하게 수행되는 대표적인 감속동작 중 하나이며, 방향 전환 또는 공중 동작 후 신체 운동을 감속시키기 위하여 수행되는 감속운동 시 하지관절의 비접촉 상해 발생 위험성이 증가하는 것으로 보고되고 있다[1,2]. 신체를 감속시키는 착지 동작은 신체 운동량의 크기에 따라 발과 지면의 충돌 시 체중의 약 3.5배에서 7.1배에 달하는 충격력을 발생시킨다[3]. 착지 시 발생하는 충격력은 신체에 전달되어 상해를 발생시키는 요인으로 작용한다[4]. 그러므로 하지 근골격계의 신장성 굴곡 운동의 수행 능력은 착지로 인해 발생하는 충격력의 크기와 상해의 위험성을 예측할 수 있는 운동역학적 요인들로 인식하여 왔다[3,5-8].

스포츠 활동 참가자들 중 여성들의 하지관절 비접촉 상해 발생률은 남성들에 비해 상대적으로 높게 발생한다[9]. 이에 대하여 여성들이 남성들에 비해 상대적으로 큰 Q-angle 각도, 낮은 대퇴근력 등의 요인과 여성 호르몬에 의한 관절의 느슨함(laxity)의 차이들과 같은 성별에 따라 다양한 요인들이 복합적으로 영향을 주는 것으로 보고되고 있다[7,10-13]. 이에 성별에 따른 착지 동작의 선행연구들을 살펴보면, 권문석[6]은 착지

시 여성이 남성에 비해 더 많은 무릎 관절 신전근들의 수축과 내전 움직임을 통해 착지 시 발생하는 충격력과 신체운동을 감소시키며, 결과적으로 전방십자인대에 가해지는 부하를 증가시켜서 상해의 위험이 높다고 보고 하였다. Ford 등[14]은 착지 시 성별에 따라 무릎 외반 운동의 차이가 존재한다고 보고하였다. Decker 등[7]은 착지 시 여성이 남성에 비해 직립된 상태에서 착지 동작을 수행하기 때문에 발목과 무릎 관절의 신전근들을 많이 사용하며, 이는 근피로와 착지의 불안전성을 증가시켜 여성의 전방십자인대 손상 위험성을 증가시킨다고 보고하였다. Kernozek 등[8]은 착지 시 여성은 남성에 비해 무릎관절의 내반 모멘트를 더 많이 발생하여 전방십자인대의 위험성이 상대적으로 높다고 보고하였다. 특히, 착지 시 성별에 따른 무릎 관절의 외반(valgus) 운동은 무릎 인대의 장력을 증가시켜 전방십자인대 상해를 발생시키는 요인으로 연관되어 있는 것으로 보고되고 있다[14-16].

Murphy 등[17]은 스포츠 활동 중 발생하는 상해부위는 하지관절에서 가장 높은 비율을 차지한다고 보고하고 있다. 하지관절의 상해 경험은 하지관절들의 정적·동적 안정성과 운동기능을 감소시키는 대표적인 요인 중 하나이다[17-19]. 상해 발생 후 충분한 재활 운동 과정을 거치지 않

은 상태에서 급격한 신체 감속운동이 수행된다면 하지관절에 과도한 부하를 발생시킴으로서 상해 부위의 재손상 위험성을 더욱 증가시키게 된다 [20]. 이러한 하지관절의 상해 발생은 발생부위의 불안정성 증가와 하지 근육들의 유연성 및 관절들의 가동범위 감소에 의해 발생한다[18]. 더욱이 하지관절의 상해 경험은 착지 시 보상작용의 발생을 유발할 수 있다[4,21]. 이는 kinematic, kinetic chain의 관점에서 신체 중 가장 많은 무게 분포비율의 몸통 분절을 조절하는 무릎과 힙 관절에도 영향을 미쳐 착지 기술에 영향을 미치게 되며, 이로 인해 신체와 지면의 충돌로 인해 신체에 전달되는 충격력의 크기를 결정하는 중요한 요인 중 하나인 최대 지면반발력의 크기에도 영향을 미칠 수 있다[3,22].

이와 관련하여 많은 선행연구들은 양발 착지 시 성별에 따른 하지 근골격계의 기능과 상해 발생 요인들의 차이와 하지관절의 상해 경험에 따라 착지 기술과 충격력의 감쇄 기능 차이를 발생시키는 것으로 보고하고 있다[8-10]. 이처럼 성별과 상해 경험 요인들이 신체 감속 운동 시 하지관절의 기능학적 차이를 발생시킬 수 있는 요인임에도 불구하고 두 요인들의 미치는 영향을 복합적으로 설명하는데 있어서 다소 미흡한 부분들이 있다.

그러므로 본 연구는 양발 착지 시 성별에 따른 상해 경험이 하지관절의 운동과 지면반력 요인들에 미치는 영향을 분석하는데 목적이 있다. 더욱이 스포츠 현장에서 상해위험은 항상 노출되어 있는 것이며 이러한 연구를 통해서 성별에 따라 상해 발생이 착지 기술과 충격력에 미치는 영향에 대한 정보를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 연구방법

2.1. 연구 대상

본 연구는 20대 남성 20명(상해 경험 8명, 비상해 경험 12명), 여성 20명(상해 경험 11명, 비상해 경험 9명)을 연구대상자로 선정하였다. 또한 병력조사를 통하여 최근 3년 이내 하지관절(발목, 무릎, 엉덩이)의 수술에 준하는 병력을 확인하였다. 실험 전 모든 대상자들에게 실험의 내용과 목적을 충분히 설명하고 실험 참여 동의서를 받은 후, 신체적 특성을 세밀하게 측정하고 실험에 참여하도록 하였다<Table 1>. 본 연구는 생명윤리위원회(IRB) 심사를 통해 연구 승인을 받은 뒤 실험을 진행하였다(IRB No. 2-1040966-AB-N-01-20-1709-HSR-078-5).

2.2. 실험 절차 및 장비

실험대상자의 동작을 분석하기 위하여 적외선을 이용한 3차원 모션 캡처 시스템 카메라 7대(MX-motion capture camera, Vicon, UK; sampling rate: 120 Hz)로 촬영을 실시하였다. 또한 지면반력을 측정하기 위하여 스트레인지어지 타입의 지면반력 측정 시스템 2대(AMTI OR6-7, AMTI Inc., Watertown, MA, USA; sampling rate: 1200Hz)를 설치하였다. 착지동작을 위해 자체적으로 제작한 높이 45cm, 가로 61cm, 세로 41cm의 박스를 설치하였으며 지면반력기와의 거리는 20cm로 설정하였다.

3차원 실 공간좌표를 구성하기 위해 NLT (nonlinear transformation) 방법을 사용하였으며, 이를 위해 Vicon에서 제공한 반사마커가 부착된 L-frame과 T-wand를 통해 실시하였다. 3차원 좌표값은 3차원 영상촬영 프로그램인 nexus 1.7(Vicon, UK)을 통해서 획득하였다. 전역좌표계 설정은 착지진행 방향을 Y축으로, 지면에 대

Table 1. Characteristics of subjects

Gender	Injury	Age(years)	Height(cm)	Weight(kg)
Male(n=20)	Experience(n=8)	19.50(1.20)	171.71(5.18)	66.10(9.25)
	Non-experience(n=12)	20.00(1.76)	174.22(3.60)	71.36(9.08)
Female(n=20)	Experience(n=11)	20.91(1.22)	159.13(2.82)	60.73(5.28)
	Non-experience(n=9)	21.78(1.56)	159.22(5.09)	63.06(9.90)

하여 수직 방향을 Z축, 좌우 방향을 X축으로 정의하였다.

대상자들에게 실험동작을 충분히 설명하고 실험간 부상을 입지 않도록 10분의 준비운동과 동작이 익숙하도록 충분한 연습을 실시하였다. 남성은 면 소재의 반바지 타이즈만을 착용시켰으며, 여성은 스포츠 브라를 함께 착용하도록 하였다. 착용이 완료되면 실험 대상자의 신체 표면에 Vicon plug-in-gait 모델을 기반으로 제작된 총 47개의 반사마커(직경 14mm)를 부착하였다.

다음으로 대상자가 지면반력기 위에 올라가서 해부학적 자세(anatomical position)를 취하면 약 10초간 static trial 촬영을 실시하였다. 그 다음 대상자를 박스 위에 올라가게 한 뒤 대기하도록 하였다. 연구자의 '시작'이라는 육성의 신호가 울리면 점프 동작 없이 양발을 지면반력기 2대의 사전에 표시해둔 곳으로 양발 착지(two leg drop landing)를 실시하였다. 이때 손의 영향을 제어하기 위해 손을 교차하여 손바닥을 대흉근에 고정하였으며, 신발의 영향을 받지 않기 위해서 신발을 착용하지 않고 맨발로 실시하였다. 동작 사이의 휴식시간을 30초 간격으로 가졌으며, 원활하게 수행된 3회의 동작만을 수집하였다.

2.3. 변인분석

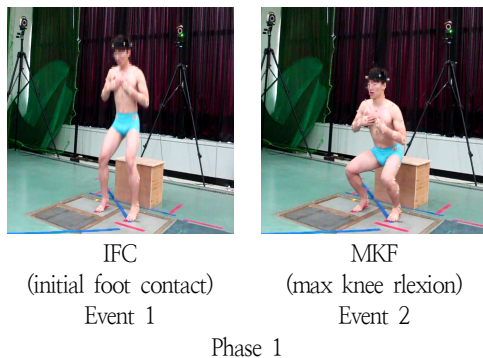


Fig. 1. Analysis events & phases

본 연구에서는 상해를 경험한 그룹은 상해를 경험한 발을 분석하였으며, 상해를 경험하지 않은 그룹은 오른발의 분석을 실시하였다. 양발 착지 동작을 (Fig. 1)과 같이 2개의 이벤트와 1개 국면으로 정의하였으며, 대상자가 공중동작 후 분석하는 발이 지면반력기에 접촉하여 수직 벡터 값

이 10N 이상 발생하는 시점(initial foot contact: IFC)과 최대무릎굴곡(max knee flexion: MKF) 되는 시점을 각각 이벤트로 정의 하였다. 그리고 IFC에서 MKF까지를 착지국면(landing phase)으로 설정하였다.

양발 착지 동작 시 수집한 인체 마커의 3 차원 자료와 지면반력 자료들은 MX control & MX net(Vicon, UK)을 통해 동기화하고 컴퓨터에 저장한 후 Vicon nexus 1.7(Vicon, UK) 프로그램으로 신호처리를 실시하였다. 이때 인체에 부착한 반사 마커 데이터들을 fourth-order butterworth filter(8Hz)로 필터 하였으며, 지면반력 데이터는 fourth-order low-pass butterworth filter(50Hz)로 필터한 후 C3d 파일로 저장하였다. Vicon nexus 프로그램에 저장한 양발 착지 C3d 자료들을 Kwon 3d 3.1 S/W(visol Inc, Korea)에서 불러와서 데이터를 변화하고 Kwon 3d 인체 모델링으로 인체 분절들의 지역좌표계(X축: 좌/우 축, Y축: 전/후 축, Z 축: 분절의 장축)를 설정한 후 cardan orientation 방법을 이용하여 인체 관절 각도를 산출하였다.

본 연구에서 운동학적 요인들 중 무릎 관절의 X축(-: flexion, +: extension), Y축(+: adduction, -: abduction), Z축(+: internal rotation, -: external rotation) 그리고 엉덩관절의 X축(+: flexion, -: extension), Y축(+: adduction, -: abduction), Z축(+: internal rotation, -: external rotation)의 회전 각도를 측정하였으며, 각 피험자들의 static 수치를 기준으로 무릎과 엉덩관절의 각도 값을 일반화하였다. 또한 지면반력 변인은 착지 국면에서 발생된 최대 수직 지면반력으로 정의하였으며, 실험을 통해 산출한 데이터는 피험자들의 신체질량(BM : body mass)으로 나누어 일반화하였다.

2.4. 통계분석

본 연구의 통계적 분석은 SPSS 22.0 프로그램을 활용하였으며, 양발 착지 시 성별에 따른 상해 경험이 무릎과 엉덩관절의 운동학적 요인과 수직반발력에 미치는 영향을 분석하기 위해서 Two-way mixed ANOVA(gender × injury experience) 통계방법을 사용하였으며, bonferroni adjustment를 통해 사후검증을 실시하였다($\alpha = .05$).

3. 결과

본 연구에 참여한 대상자들의 양발 착지 시 무릎 관절의 가동범위는 <Table 2>와 같다. 무릎 관절의 굴·신 각도는 E1 시점에서 상호 작용 효과가 나타나지 않았으며($F=1.938, p=.172$), 성별 ($F=1.298, p=.262$)과 상해 경험($F=1.156, p=.289$)의 주효과도 통계적 차이는 확인되지 않았다. E2 시점에서는 상호작용 효과가 나타나지 않았으며($F=3.005, p=.092$), 성별($F=1.213, p=.278$)과 상해 경험($F=.081, p=.777$)의 주효과도 통계적 차이는 없었다. 굴·신 가동범위는 상호 작용 효과가 나타나지 않았으며($F=2.190, p=.148$), 성별($F=3.217, p=.081$)과 상해 경험($F=.013, p=.910$)의 주효과도 통계적 차이가 없었다.

무릎 관절의 내·외전 각도는 E1 시점에서 상호 작용 효과가 나타나지 않았으며($F=2.091, p=.157$), 성별($F=5.490, p=.025$)에 따른 주효과는 통계적 차이가 확인되었으나 상해 경험($F=.316, p=.578$)에서는 나타나지 않았다. 여성 IE 그룹이 남성 IE 그룹보다 통계적으로 작은 무릎의 내전 각도를 나타내었다($p=.042$). E2 시점에서는 상호작용 효과가 나타났으며($F=7.395,$

$p=.010$), 성별($F=6.602, p=.014$)에 따른 주효과의 통계적 차이가 확인되었으나 상해 경험($F=1.843, p=.183$)은 나타나지 않았다. 여성 IE 그룹이 남성 IE 그룹보다 통계적으로 큰 무릎의 외전 각도를 나타내었다($p=.002$). 내·외전 가동범위는 상호작용 효과가 나타났으며($F=7.333, p=.010$), 성별($F=4.040, p=.052$)과 상해 경험($F=2.082, p=.158$)에 따른 주효과는 통계적 차이가 확인되지 않았다.

무릎 관절의 내·외측 회전 각도는 E1 시점에서 상호작용 효과가 나타나지 않았으며($F=.782, p=.382$), 성별($F=.801, p=.377$)에 따른 주효과의 차이는 나타나지 않았으나 상해 경험($F=4.975, p=.032$)에 따른 통계적 차이는 확인되었다. E2 시점에서는 상호작용 효과가 나타나지 않았으며($F=.049, p=.826$), 성별($F=1.794, p=.189$)과 상해 경험($F=3.137, p=.085$)의 주효과도 통계적 차이가 확인되지 않았다. 내·외측 회전 가동범위는 상호작용 효과가 나타나지 않았으며($F=.074, p=.787$), 성별($F=5.535, p=.024$)에 따른 주효과의 통계적 차이가 확인되었으나 상해 경험($F=.855, p=.361$)은 나타나지 않았다

Table 2. Knee joint range of motion(ROM)

(Unit: deg)

Variable	Event	Male		Female		Main effect		Interaction effect
		IE	INE	IE	INE	Gender	Injury	
		Mean(SD)	Mean(SD)	Mean(SD)	Mean(SD)	P		
Knee X Flex(-) / Ext(+)	E1	-21.63(9.71)	-22.48(8.89)	-28.45(6.98)	-21.80(8.13)	.262	.289	.172
	E2	-75.66(23.19)	-86.69(32.19)	-80.48(18.33)	-65.11(15.11)	.278	.777	.092
	ROM	-54.04(16.43)	-64.21(29.13)	-52.03(15.00)	-43.31(10.23)	.081	.910	.148
Knee Y Add(+) / Abd(-)	E1	10.49(8.41) ⁺	8.67(4.52)	2.72(6.98) ⁺	6.83(5.78)	.025*	.578	.157
	E2	16.45(14.08) ⁺	10.02(12.84)	-8.52(15.06) ⁺	10.73(17.14)	.014**	.183	.010**
	ROM	5.96(9.76)	1.35(11.57)	-11.24(10.33)	3.89(13.50)	.052	.158	.010**
Knee Z Int(+) / Ext(-)	E1	12.38(7.65)	9.50(6.82)	16.19(5.80) [#]	9.52(6.63) [#]	.377	.032*	.382
	E2	38.20(21.92)	31.31(10.04)	33.23(13.02)	24.38(9.73)	.189	.085	.826
	ROM	25.82(17.10) ⁺	21.81(6.79)	17.04(10.35) ⁺	14.86(6.15)	.024*	.361	.787

IE= injury experience, INE= injury non-experience,

⁺= IE Male VS IE Female, [#]= IE VS INE,

*=($p<.05$), **=($p<.01$)

본 연구에 참여한 대상자들의 양발 착지 시 엉덩관절의 가동범위는 <Table 3.>과 같다. 엉덩관절의 굴·신 각도는 E1 시점에서 상호작용 효과가 나타나지 않았으며($F=.126, p=.725$), 성별($F=6.044, p=.019$)과 상해 경험($F=6.814, p=.013$)의 주효과는 통계적 차이가 확인되었다. 여성 그룹들 중 IE 그룹이 INE 그룹보다 통계적으로 큰 엉덩관절 굴곡 각도를 나타내었으며($p=.042$), 여성 IE 그룹이 남성 IE 그룹보다 통계적으로 큰 엉덩관절 굴곡 각도를 나타내었다($p=.005$). E2 시점에서는 상호작용 효과가 나타나지 않았으며($F=1.117, p=.285$), 성별($F=.017, p=.897$)과 상해 경험($F=1.042, p=.314$)의 주효과도 통계적 차이가 확인되지 않았다. 굴·신 가동범위는 상호작용 효과가 나타나지 않았으며($F=1.488, p=.230$), 성별($F=.751, p=.392$)과 상해 경험($F=.037, p=.848$)의 주효과도 통계적 차이가 확인되지 않았다.

엉덩관절의 내·외전 각도는 E1 시점에서 상호작용 효과가 나타나지 않았으며($F=1.546, p=.222$), 성별($F=.135, p=.716$)과 상해 경험($F=.218, p=.644$)의 주효과도 통계적 차이는 확인되지 않았다. E2 시점에서는 상호작용 효과가

나타나지 않았으며($F=.468, p=.498$), 성별($F=1.224, p=.276$)과 상해 경험($F=.175, p=.678$)의 주효과도 통계적 차이는 확인되지 않았다. 내·외전 가동범위는 상호작용 효과가 나타나지 않았으며($F=.000, p=.991$), 성별($F=4.697, p=.037$)에 따른 주효과는 통계적 차이가 확인되었으나 상해 경험($F=.069, p=.794$)은 나타나지 않았다. 그러나 사후분석결과 성별에 따른 주효과의 그룹별 통계적 차이는 확인되지 않았다.

엉덩관절의 내·외측 회전 각도는 E1 시점에서 상호작용 효과가 나타나지 않았으며($F=.541, p=.467$), 성별($F=4.229, p=.045$)에 따른 주효과는 통계적 차이가 확인되었으나 상해 경험($F=.587, p=.449$)은 나타나지 않았다. 여성 IE 그룹이 남성 IE 그룹보다 통계적으로 큰 엉덩관절의 외측 회전 각도를 나타내었다($p=.042$). E2 시점에서는 상호작용 효과가 나타나지 않았으며($F=2.338, p=.135$), 성별($F=6.263, p=.017$)에 따른 주효과는 통계적 차이가 확인되었으나 상해 경험($F=2.263, p=.141$)은 나타나지 않았다. 여성 IE 그룹이 남성 IE 그룹보다 통계적으로 큰 엉덩관절의 외측 회전 각도를 나타내었다($p=.003$). 내·외측 회전 가동범위는 상호작용 효과가 나타나

Table. 3. Hip joint range of motion(ROM) (Unit: deg)

Variable	Event	Male		Female		Main effect		Interaction effect
		IE	INE	IE	INE	Gender	Injury	
		Mean(SD)	Mean(SD)	Mean(SD)	Mean(SD)	p		
Hip X Flex(+) / Ext(-)	E1	21.88(10.04) ⁺	16.24(8.27)	28.92(4.66) ^{+,#}	21.50(8.07) [#]	.019*	.013*	.725
	E2	51.45(24.02)	51.93(27.94)	60.60(16.53)	44.75(23.78)	.897	.314	.285
	ROM	29.57(14.70)	35.70(24.04)	31.68(14.93)	23.25(17.30)	.392	.848	.230
Hip Y Add(+) / Abd(-)	E1	-5.25(5.73)	-4.20(4.71)	-4.07(3.16)	-6.37(2.79)	.716	.644	.222
	E2	-6.98(9.09)	-6.34(10.27)	-2.64(4.87)	-5.31(3.31)	.276	.678	.498
	ROM	-1.74(5.03)	-2.14(6.40)	1.43(3.28)	1.06(1.64)	.037*	.794	.991
Hip Z Int(+) / Ext(-)	E1	-4.03(5.37) ⁺	-3.96(6.12)	-9.79(5.83) ⁺	-6.71(8.07)	.045*	.449	.467
	E2	-4.12(7.52) ⁺	-4.23(17.65)	-22.00(14.11) ⁺	-8.55(11.66)	.017*	.141	.135
	ROM	-0.09(8.28)	-0.27(15.12)	-12.21(10.44)	-1.84(8.44)	.068	.170	.156

IE= injury experience, INE= injury non-experience,

⁺= IE Male VS IE Female, [#]= IE VS INE,

*=(p<.05), **=(p<.01)

Table. 4. Peak Vertical GRF (Unit: N/BM)

Variable	Male		Female		Main effect		Interaction effect
	IE	INE	IE	INE	Gender	Injury	
	Mean(SD)	Mean(SD)	Mean(SD)	Mean(SD)	p		
Peak vertical GRF	27.94(8.28)	27.99(8.65) [†]	24.88(8.83) [#]	37.48(11.80) ^{†,#}	.293	.043*	.045*

IE= injury experience, INE= injury non-experience,

[†]= IE Male VS IE Female, [#]= IE VS INE,

*=(p<.05), **=(p<.01)

지 않았으며($F=2.098$, $p=.156$), 성별($F=3.535$, $p=.068$)과 상해 경험($F=1.959$, $p=.170$)의 주효과도 통계적 차이가 확인되지 않았다.

본 연구의 양발 착지 시 발생한 최대 수직 지면반력은 <Table 4.>와 같다. 최대 수직 지면반력은 상호작용 효과가 나타났으며($F=4.323$, $p=.045$), 성별($F=1.138$, $p=.293$)에 따른 주효과의 차이는 나타나지 않았으나 상해 경험($F=4.388$, $p=.043$)에 따른 통계적 차이가 확인되었다. 여성 그룹들 중 IE 그룹이 INE 그룹보다 통계적으로 더 작은 최대 수직지면반력의 값을 나타내었다($p=.014$),

4. 논 의

스포츠 현장에서 착지 운동은 대부분 공중동작 이후 하지관절의 움직임을 통해 수행되며, 이때 지면과 접촉 시 큰 지면반발력이 발생된다. 착지로 인해 발생하는 큰 지면반발력은 신체에 가해지는 충격력과 하지관절 상해를 유발하는 중요한 요인으로 작용한다[3]. 따라서 하지관절의 운동을 이용한 착지기술은 충격력의 크기와 관련성이 있는 것으로 선행연구에서 보고되었다[21].

이에 본 연구에서는 성별에 따른 상해 경험이 하지관절 중 큰 가동범위를 가진 무릎과 엉덩관절의 운동에 미치는 영향을 분석하였다. 그 결과, 양발 착지 동작 시 성별에 따른 상해 경험이 무릎 관절의 굴·신 움직임에 미치는 영향을 분석한 결과 통계적 차이가 확인되지 않았다. 하지만 성별과 상해 경험에 따른 무릎 관절 운동을 분석한 결과, E2에서 무릎 관절의 내·외전 각도와 ROM 수치에서 성별과 상해 경험 요인들 간 상호작용 효과가 있는 것으로 나타났다. 그리고 E1과 E2에

서 여성 IE 그룹이 남성 IE 그룹에 비해 상대적으로 큰 무릎 관절의 외전 운동을 나타내었다. 또한 무릎 관절의 내·외측 회전 움직임의 결과에서는 E1 시점에서 여성 그룹 중 IE 그룹이 INE 그룹보다 더 큰 내측회전 각도를 나타내었으며, 성별에 따른 무릎 관절의 내측회전 ROM 수치에서는 여성 그룹이 남성 그룹에 비해 작게 나타났다. 양발 착지에 관한 선행연구에서 무릎 관절의 굴·신 움직임은 지면과 접촉하는 시점에서 여성이 남성에 비해 많은 굴곡 각도와 가동범위를 보인 것으로 보고하였다[7]. 무릎 관절의 외반 움직임은 무릎인대의 장력을 증가시켜 비접촉 전방십자인대 상해를 발생시키는 중요 요인 중 하나로 판단하고 있다[14,15,22]. 착지 시 여성들에게서 나타나는 큰 무릎 관절의 외반 움직임은 해부학적 요인인 Q-angle 크기와 관련성을 찾아 볼 수도 있지만[8], 본 연구에서는 상해 경험이 있는 여성 IE 그룹에서 착지동작 시 무릎 관절의 큰 외반과 내측 회전 각도가 나타난 것을 알 수 있었다.

착지 시 엉덩관절의 운동을 분석한 결과, E1 시점에서 여성 IE 그룹이 남성 IE 그룹과 여성 INE 그룹보다 엉덩관절의 굴곡 각도에서 통계적으로 큰 수치를 나타내었다. 엉덩관절의 내·외전 각도의 가동범위에서는 남성 그룹들이 감속과 함께 엉덩관절의 외전을 지속적으로 수행한 반면, 여성 그룹들에서는 최초 접촉 시점부터 신체 정지 시점까지의 감속 구간에서 엉덩관절의 외전 운동이 상대적으로 감소된 것을 알 수 있었다. 이에 반해, 엉덩관절의 내·외측 회전 움직임에서는 E1, E2 시점에서 여성 IE 그룹이 통계적으로 유의하게 남성 그룹들과 여성 INE 그룹에 비해 가장 큰 외회전 각도를 나타내었다. 상해를 경험한 남성 그룹에 비해서 더 큰 외측회전의 움직임을 나타내는 것으로 사후분석 결과 확인되었다.

착지와 관련된 선행연구들에 따르면, 착지 시 발생하는 충격력을 상쇄시키기 위해 무릎 관절에서 가장 많은 충격을 흡수하며 이로 인해 무릎 관절의 상해 발생 위험이 높은 것으로 보고하고 있다 [5,21]. 착지 시 무릎 관절의 상해 위험성을 감소시키기 위해서는 무릎 관절에 집중되어지는 충격 흡수 비중을 감소시켜야 하며, 이러한 충격 흡수의 분배는 엉덩관절의 움직임과 많은 관련성이 있는 것으로 선행연구들에 의해 보고되었다 [4,5,25]. 더욱이, 선행연구들에 따르면 양발 착지 시 성별에 따른 엉덩 관절의 움직임에는 차이가 없다고 보고하고 있으나 [7,8], 본 연구에서 성별에 따라 상해 경험 유·무에 의해 세부적으로 그룹을 나누어 비교분석 한 결과 엉덩관절의 운동에 차이가 있음을 알 수 있었다.

착지 시 발생하는 수직 지면반발력의 크기는 신체에 가해지는 충격력의 크기를 결정하는 요인이며, 충격력을 흡수하는 하지관절의 상해 위험성과 관련성이 높은 요인 중 하나이다 [6,7,10]. 선행연구들에 따르면 양발 착지 시 여성이 남성에 비해 더 큰 수직 지면반력을 나타내었고, 이로 인하여 여성들의 경우 상대적으로 높은 하지 관절의 상해 위험성을 가질 수 있을 것이라 보고하였다 [6-8]. 본 연구의 결과에서는 최대 지면반발력 수치에서 여성 IE 그룹이 남성 IE, INE 그룹에 비해 상대적으로 유의하게 낮은 수치를 나타내었으나, 여성 INE 그룹은 통계적으로 가장 높은 수치의 최대 지면반발력을 보였다. 이를 통해 상해 경험 따라 성별 간 최대 지면반발력에 차이가 있음을 확인할 수 있었다.

5. 결론

본 연구에서는 양발 착지 시 성별에 따른 상해 경험이 무릎과 엉덩관절의 움직임 및 수직 지면반력에 미치는 영향을 규명하기 위하여 남성 20명, 여성 20명을 대상으로 운동역학적 분석을 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다. 상해를 경험한 여성 그룹은 무릎 관절의 외반 및 내측회전 그리고 엉덩관절의 굴곡 및 외측회전 운동을 증가시켜 최대 수직 지면반발력의 감소를 유도할 수 있었던 것으로 판단된다. 이에 반해 상해를 경험하지 않은 여성 그룹의 경우 최대 무릎 굴곡 각도가 가장 작게 나타났을 뿐만 아니라 엉덩관절의 굴곡과 외측회전의 운동을 활용하지 않음

로 인해 가장 높은 최대 수직 지면반발력 수치를 나타내었다. 이는 여성 INE 그룹의 경우 무릎과 엉덩관절의 활용성이 낮을 경우 상해 위험성에 노출 위험성을 증가시킬 수 착지를 수행하고 있음을 의미한다. 따라서 성별에 따른 상해 경험이 무릎과 엉덩관절의 운동과 최대 수직 지면반발력의 크기에 요인들에 영향을 주는 요인들을 알 수 있었다.

References

1. J. H. Cho, K. H. Kim, H. D. Lee, S. C. Lee, "Effects of rehabilitation duration on lower limb joints biomechanics during drop landing in athletes with functional ankle instability", *Korean Journal of Sport Biomechanics*, Vol.20, No.4, pp. 395-406, (2010).
2. J. M. Hootman, R. Dick, J. Agel, "Epidemiology of collegiate injuries for 15 sports: summary and recommendations for injury prevention initiatives", *Journal of athletic training*, Vol.42, No.2, pp. 311, (2007).
3. T. S. Gross, R. C. Nelson, "The shock attenuation role of the ankle during landing from a vertical jump", *Medicine and science in sports and exercise*, Vol.20, No.5, pp. 506-514, (1988).
4. S. K. Kim, S. H. Shin, N. S. Seon, M. S. Kwon, "Vertical reaction force and kinematical compensation movements analysis of drop landing movement in obese and normal subjects", *Korean Journal of Sport Science*, Vol.19, No.3, pp. 1-10, (2008).
5. S. N. Zhang, B. T. Bates, J. S. Dufek, "Contributions of lower extremity joints to energy dissipation during landings", *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol.32, No.4, pp. 812-819, (2000).
6. M. S. Kwon, "Effect of Added Mass between Male and Female on The Lower Extremity Joints Angular Velocity,

- Moment, Absorb Energy During Drop Landing”, *Korean Journal of Sport Biomechanics*, Vol.22, No.3, pp. 325-332, (2012).
7. M. J. Decker, M. R. Torry, D. J. Wyland, W. I. Sterett, J. R. Steadman, “Gender differences in lower extremity kinematics, kinetics and energy absorption during landing”, *Clinical biomechanics*, Vol.18, No.7, pp. 662-669, (2003).
 8. T. W. Kernozek, M. R. Torry, H. Van Hoof, H. Cowley, S. Tanner, “Gender differences in frontal and sagittal plane biomechanics during drop landings”, *Med Sci Sports Exerc*, Vol.37, No.6, pp. 1003-1012, (2005).
 9. E. Arendt, R. Dick. “Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer NCAA data and review of literature”, *The American journal of sports medicine*, Vol.23, No.6, pp.694-701, (1995).
 10. J. D. Chappell, B. Yu, D. T. Kirkendall, W. E. Garrett, “A comparison of knee kinetics between male and female recreational athletes in stop-jump tasks”, *The American Journal of Sports Medicine*, Vol.30, No.2, pp. 261-267, (2002).
 11. S. K. Park, “The Effect of female Hormone on Knee Joint Laxity”, *Korean Journal of Sport Biomechanics*, Vol.19, No.1, pp. 99-106, (2009).
 12. K. K. Lee, D. T. Lee, J. H. Lee, “Gender Differences in Lower Limbs Kinematics and Kinetics During Cross Cutting Maneuver”, *Korean Journal of Sport Science*, Vol.22, No.4, pp.2321-2329, (2011).
 13. Y. S. Al-Khabbaz, T. Shimada, M. Hasegawa, “The effect of backpack heaviness on trunk-lower extremity muscle activities and trunk posture”, *Gait & posture*, Vol.28, No.2, pp. 297-302, (2008).
 14. K. R. Ford, G. D. Myer, T. E. Hewett, “Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players”, *Medicine and science in sports and exercise*, Vol.35, No.10, pp. 1745-1750, (2003).
 15. L. Y. Griffin, M. J. Albohm, E. A. Arendt, R. Bahr, B. D. Beynnon, M. DeMaio, T. E. Hewett, “Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries a review of the Hunt Valley II meeting”, *The American journal of sports medicine*, Vol.34, No.9, pp. 1512-1532, (2006).
 16. R. J. Schmitz, A. S. Kulas, D. H. Perrin, B. L. Riemann, S. J. Shultz, “Sex differences in lower extremity biomechanics during single leg landings”, *Clinical Biomechanics*, Vol.22, No.6, pp. 681-688, (2007).
 17. D. F. Murphy, D. A. J. Connolly, B. D. Beynnon, “Risk factors for lower extremity injury: a review of the literature”, *British journal of sports medicine*, Vol.37, No.1, pp. 13-29, (2003).
 18. B. D. Beynnon, S. H. Ryder, L. Konradsen, R. J. Johnson, K. Johnson, A. Renstrom, “The effect of anterior cruciate ligament trauma and bracing on knee proprioception”, *The American Journal of Sports Medicine*, Vol.27, No.2, pp. 150-155, (1999).
 19. C. D. Pollard, S. M. Sigward, S. Ota, K. Langford, C. M. Powers, “The influence of in-season injury prevention training on lower-extremity kinematics during landing in female soccer players”, *Clinical Journal of Sport Medicine*, Vol.16, No.3, pp. 223-227, (2006).
 20. B. K. Engstrom, P. A. Renstrom, “How can injuries be prevented in the World Cup soccer athlete?”, *Clinics in sports medicine*, Vol.17, No.4, pp. 755-768, (1998).
 21. P. Devita, W. A. Skelly, “Effect of landing stiffness on joint kinetics and energetics in the lower extremity”, *Med Sci Sports Exerc*, Vol.24, No.1, pp. 108-115. (1992).

22. K. R. Ford, G. D. Myer, R. L. Smith, R. M. Vianello, S. L. Seiwert, T. E. Hewett, "A comparison of dynamic coronal plane excursion between matched male and female athletes when performing single leg landings", *Clinical Biomechanics*, Vol.21, No.1, pp. 33-40, (2006).
23. O. E. Olsen, G. Myklebust, L. Engebretsen, R. Bahr, "Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball a systematic video analysis", *The American journal of sports medicine*, Vol.32, No.4, pp. 1002-1012, (2004).
24. B. O. Lim, Y. Ryu, K. W. Kim, "Effects of gymnasts shoes on risk factors of anterior cruciate ligament injuries during drop landing in female gymnasts", *Korean Journal of Sport Biomechanics*, Vol.23, No.3, pp. 219-223, (2013).
25. S. M. Lephart, C. M. Ferris, B. L. Riemann, J. B. Myers, F. H. Fu, "Gender differences in strength and lower extremity kinematics during landing", *Clinical orthopaedics and related research*, Vol.401, pp. 162-169, (2002).