

드롭랜딩 시 착지 방향에 따른 발목과 무릎 상해 기전 분석

조준행¹ · 김경훈² · 문곤성² · 조영재² · 이성철²

¹연세대학교 대학원 체육학과 · ²연세대학교 교육과학대학 체육교육과

Analysis of Injury Mechanism on Ankle and Knee during Drop Landings According to Landing Directions

Joon-Haeng Cho¹ · Kyoung-Hun Kim² · Gon-Sung Moon² · Young-Jae Cho² · Sung-Cheol Lee²

¹Department of Physical Education, Graduate School of Yonsei University, Seoul, Korea

²Department of Physical Education, College of Sciences in Education, Yonsei University, Seoul, Korea

Received 31 January 2010; Received in revised form 16 February 2010; Accepted 23 March 2010

ABSTRACT

The purpose of this study was to compare the differences in kinematic and kinetic parameters of the ankle and knee joint according to three landing direction(central, left, right). Fifteen collegiate male athletes(age: 22.7±3.5 years, height: 174.9±7.1 cm, weight: 69.4±6.7 kg) with the right leg as dominant were chosen. The subjects performed series of drop landings in three directions. In terms of the three different landing directions, plantar flexion was the greatest during the central drop landings. For each initial contact of the landing direction, plantar flexion of the ankle was greatest at the central drop landing, inversion of the ankle was greatest at the right landing and valgus of the knee was greatest at the left drop landing. Regarding the peak force, the greatest was at the 1st peak force during the central drop landing. For the time-span of the 2nd peak force and the 2-1 peak force, both right sides resulted as the greatest. Therefore, with the appropriate training in landing techniques and developing neuromuscular training for proprioception by taking the injury mechanisms on ankle and knee during drop landings into account, it will assist in preventing such injuries.

Keywords : Drop Landing, Injury Mechanism, Joint Kinematic, Kinetic, Landing Direction

I. 서론

스포츠 활동이 증가함에 따라 스포츠와 관련된 상해들이 많이 나타나고 있다. 스포츠 활동 동안에는 점프, 착지, 컷팅, 가속, 감속, 회전과 같은 여러 형태의 동작들이 일어난다. 농구, 축구, 배구, 체조와 같은 스포츠에서 착지 동작은 자주 발생하는데, 이러한 착지는 스포츠 상해와 밀접한 관련이 있다(Dufek, Bates, Davis & Malone, 1991; Hawkins, Hulse, Wilkinson, Hodson & Gibson, 2001; Woods, Hawkins, Hulse & Hodson, 2002). 스포츠 활

동 중 부상빈도가 높은 부위를 살펴보면 게임과 연습에서 발생하는 상해의 2/3 이상이 하지가 차지하고 가장 많은 상해 발생 부위는 발목과 무릎이라고 하였다(Hootman, Dick & Agel, 2007). 상해가 발생하는 기전은 매우 다양하며, 그중에서도 발목의 대표적인 상해발생 기전은 족저굴곡(plantar flexion)과 함께 내번(inversion)되어진 상태에서 많이 발생하게 되고, 무릎의 대표적인 상해발생 기전은 무릎의 굴곡(knee flexion)과 함께 외반(valgus)되어진 상태에서 발생한다고 보고되어지고 있다(Agel, Evans, Dick, Putukian & Marshall, 2007; Agel, Palmieri-Smith, Dick, Wojtys & Marshall, 2007). 특히, 한발로 착지를 하거나 빠른 방향전환 동작은 무릎의 전방 십자인대(ACL)의 상해와 자주 연관되어진다고 보고하였다(Boden, Dean, Feagin & Garrett, 2000; Olsen, Myklebust, Engebretsen & Bahr, 2004). 또한 착지

Corresponding Author : Kyoung-Hun Kim
Department of Physical Education, Yonsei University,
Shinchon-dong, Seodaemun-Gu, Seoul, Korea
Tel : +82-62-2123-4720 / Fax : +82-62-572-5651
E-mail: sportsinjurycarespecialist@msn.com

시 받는 최대 수직지면반력은 구조물이 받는 부하를 예상할 수 있는 상해의 요소라고 할 수 있다.

이처럼 착지과정에서 발생할 수 있는 상해요소들과 함께 생각해볼 수 있는 부분이 있는데 그것은 착지의 방향이라고 할 수 있겠다. 착지하는 방향이 상해를 유발시킬 수 있을 것으로 생각되지만 지금까지의 연구들을 살펴보면, 착지의 방향이 단일 평면, 다시 말해 앞쪽 방향으로 떨어지는 형태의 연구가 주를 이루고 있다(조성초, 채정룡, 1998; McNitt-Gray, 1993; Decker, Torry, Wyland, Sterett & Steadman, 2003; Kernozek, Torry, Hoof, Cowley & Tanner, 2005; Salci, Kentel, Heycan, Akin & Korkusuz, 2004). 그러나 실제 경기나 연습 상황에서 착지의 방향은 상황에 따라서 앞쪽뿐만이 아닌 어느 방향으로도 이루어질 수 있으므로 착지 방향에 따른 연구가 상해 예방을 위한 기초자료가 될 수 있을 것으로 판단된다.

따라서 본 연구의 목적은 스포츠 활동에서 나타나는 다양한 방향의 착지 중에서 대표적이라 할 수 있는 정면, 좌측, 우측 3 가지 방향의 착지 시 발목과 무릎의 주요 상해 기전과 관련된 변인들의 차이를 규명하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자들은 Y 대학교에 재학 중인 체육과 남학생 15명(나이: 22.7±3.5 years, 신장: 174.9±7.1 cm, 체중: 69.4±6.7 kg)으로, 이들 모두는 최근 1년 동안 하지관절 및 전신에 어떠한 부상 경험도 없었으며 축구경기 시 킥을 오른발로 하는 자들을 선정하였다. 실험 전 대상자 모두에게 실험의 목적과 방법을 이해시켰으며 참가 신청서를 실험 전에 받은 후 실험을 하였다.

2. 실험방법

본 실험은 Y대학교 운동역학 실험실에서 이루어졌으며, 실험에 참가한 대상자 모두는 실험 중 발생할 수 있는 부상을 예방하기 위해 15분간의 스트레칭과 준비운동으로 워밍업과 드롭랜딩을 5번 연습을 실시한 후 실험에 참여하였다. 대상자 모두에게 자신의 발과 신체 사이즈에 맞는 동일한 제품의 운동화(FTY No.CLU 600001, Adidas)와 스판재질의 운동복을 착용한 후, 하지관절의 해부학적 경계점에 14 mm의 구형반사마커 16 개를 <Figure 2>와 같이 부착하였다.

본 실험에서는 자체적으로 제작한 목제 점프대를 이용하여 45 cm 높이에서 드롭랜딩을 실시할 수 있도록 하였다. 점프대

와 착지지점인 지면반력기까지의 거리는 20 cm로 하였다. 점프대 위에서 대상자들은 양 발을 어깨 너비로 벌려 편하게 서 있는 후 양팔을 양 어깨에 교차시켜 잡게 하여 상체와 양팔의 움직임을 제한하였다. 실험에서의 구령은 “시작”으로써 “시”라는 구령에 왼발 발을 들은 후 “작”에 주사용발인 오른발로 드롭랜딩을 연성착지로 실시하도록 지시하였다. 드롭랜딩 시 다음과 같은 상황은 무효로 처리하여 다시 실시하도록 하였다. 첫째, 점프대 위에서 점프를 실시하였을 시. 둘째, 착지 동작에서 중심을 잃고 왼발이 지면에 닿거나 착지발인 오른발이 회전을 하여 미끄러질 경우. 셋째, 어깨에 고정되어있는 손이 떨어질 시. 이렇게 하여 성공적인 4번의 동작이 나올 때까지 실시하였다.

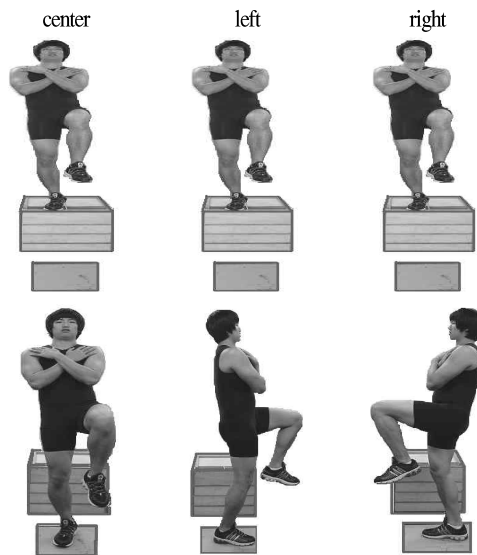


Figure 1. Landing direction

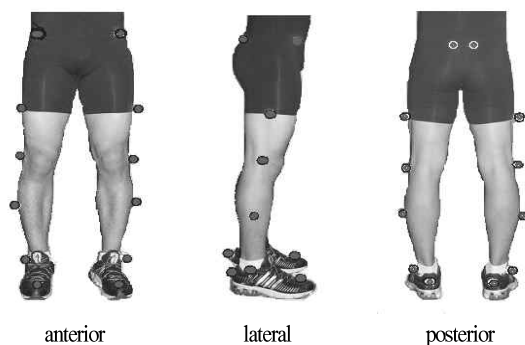


Figure 2. Anatomical landmark

드롭랜딩 시 착지의 방향은 세 가지 방향으로 정면, 좌측, 우측으로 설정하였으며, 준비동작 시 점프대 위에서 동작은 같았다. 착지 시 좌측 방향과 우측 방향은 정면을 기준으로 각각 90°로 하였다(Figure 1). 각 점프의 간격을 30 sec 이상으로 하여 대상자들이 하지에 피로감을 느끼지 않도록 하였다.

3. 자료수집

세 가지 방향의 드롭랜딩에 대한 동작분석을 위해 8대의 적외선 카메라(Vicon MX-F20, Oxford Metric Ltd, Oxford, UK)로 구성된 동작분석시스템(Vicon Motion Systems, Oxford Metrics Ltd, Oxford, UK)을 이용하였으며 200 Hz로 착지 시 하지의 움직임을 캡처하였다.

실험 전 각 대상자들의 신장과 체중을 측정하였고 하지관절의 중양을 구하기 위해 줄자를 이용하여 다리의 길이를 측정하였고 캘리퍼를 이용하여 무릎과 발목의 너비를 측정하였다.

지면반력 데이터를 수집하기 위해 사용된 지면반력기(ORG-6, AMTI, Watertown, MA)는 2000 Hz로 수집하였으며 착지 지점의 지면과 높이를 맞추어 1대를 사용하였다.

4. 변인계산

본 실험에서의 구간 설정은 착지 시 발이 지면에 닿는 순간부터 착지다리인 오른다리의 무릎이 최대로 굴곡될 때까지로 하였다.

수집된 수직지면반력 데이터 값을 일반화하기 위해 각 대상자들의 몸무게(body weight)로 나누었다. 착지순간(initial contact)은 발이 지면에 닿는 순간의 최저 한계치를 8 N으로 하여 그 이상의 값이 나오는 시점으로 하였다.

운동학적 변인으로는 발목과 무릎의 착지순간의 각도와 최대 각도 그리고 그때까지 소요된 시간을 분석하였다. 운동역학적 변인으로는 각 구간별 최대 수직지면반력 값과 그때까지의 소요시간을 분석하였으며 소요시간 중 2차-1차 peak force time은 1차 peak force 시점부터 2차 peak force까지 소요된 시간을 측정하였다.

5. 통계처리

각 대상자들의 드롭랜딩 시 3가지 방향으로의 착지동작은 4번 실시되었으며 모든 평균값으로 구하였다. 정면, 좌측, 우측 착지 간의 운동학적, 운동역학적 변인들에 대한 차이를 알아보기 위해 SPSS 15.0 통계패키지 내의 One-Way ANOVA를 이용하였으며 사후분석은 Duncan을 이용하여 $\alpha=0.05$ 의 유의도 수준에서 검증하였다.

III. 연구결과

<Table 1>은 발목관절의 각도와 소요시간을 나타낸 것이다. 착지순간 발목의 족저굴곡각(plantar flexion)은 좌측 방향에 비해 정면으로 착지 시 유의하게 컸으며($p<0.05$), 최대 발목의 배측굴곡각(dorsi flexion)은 유의하게 나타나지 않았으나($p>0.05$) 발목이 최대 배측굴곡까지 소요된 시간은 정면, 좌측, 우측 순으로 빠르게 나타났($p<0.05$). 착지순간 발목의 내번각(inversion)은 정면에 비해 우측으로 착지 시 유의하게 컸으며($p<0.05$), 발목의 최대 내번각은 유의하게 나타나지 않았으나($p>0.05$) 발목의 최대 내번까지 소요된 시간은 정면이 좌측과 우측에 비해 빠른 것으로 나타났($p<0.05$).

<Table 2>는 무릎관절의 각도와 소요시간을 나타낸 것이다. 착지순간 무릎관절의 굴곡각은 유의하게 나타나지 않았으나($p>0.05$) 무릎의 최대굴곡각은 정면이 좌측에 비해 유의하게 큰 것으로 나타났으며($p<0.05$), 무릎의 최대 굴곡까지 소요된 시간은 정면, 좌측, 우측 순으로 나타났($p<0.05$). 착지순간 무릎관

Table. 1 Ankle Joint

(unit: deg, sec)

		PF at IC(°)	Max DF(°)	Max DF Time(sec)	INV at IC(°)	Max INV(°)	Max INV time(sec)	
landing direction	N	<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>	
	I. center	15	-15.52(5.02)	26.92(6.26)	.17(.04)	.44(1.04)	7.58(2.27)	.14(.05)
	II. left	15	-12.56(5.20)	29.54(5.68)	.22(.04)	.64(1.22)	7.45(2.21)	.22(.04)
	III. right	15	-13.78(5.88)	28.55(6.02)	.26(.07)	1.20(1.29)	6.53(2.28)	.25(.09)
<i>F</i> -value		3.452	2.182	3.532	4.958	2.898	4.138	
<i>p</i>		.035* [@]	.117	0.32* ^{@#}	.008** ^{\$}	.059	.018* ^{@\$}	

* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$ @ center VS lateral, # lateral VS medial, \$ center VS medial

† IC: initial contact, Max: Maximum PF: Plantar flexion, DF: dorsi flexion, INV: inversion

Table. 2 Knee Joint

		(unit: deg, sec)					
		Knee flex at IC(°)	Max knee flex(°)	Max knee flex time(sec)	knee valgus at IC(°)	Max knee valgus(°)	Max knee valgus time(sec)
landing direction	N	<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>
	I. center	15 18.19(4.94)	72.11(11.65)	.19(.03)	-88(4.01)	-6.05(5.98)	.09(.07)
Knee	II. left	15 19.51(3.44)	66.84(9.69)	.24(.02)	-2.89(4.40)	-6.65(6.67)	.09(.07)
	III. Right	15 17.85(4.69)	69.55(8.51)	.35(.02)	.45(3.73)	-8.11(7.49)	.20(.13)
	<i>F</i> -value	1.781	3.105	6.59	7.727	1.111	23.002
	<i>p</i>	.173	.048* [@]	.002** [@] \$.001** [#]	.332	.000*** [#] \$

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$ @ center VS lateral, # lateral VS medial, \$ center VS medial

‡ IC: initial contact, Max: Maximum, flex: flexion

Table. 3 Vertical Ground Reaction Force

		(unit: N/BW, sec)				
		1st peak force(BW)	1st peak force time(sec)	2nd peak force(BW)	2nd peak force time(sec)	2-1 peak force time(sec)
landing direction	N	<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>
	I. center	15 2.10(.72)	.013(.003)	5.87(2.28)	.043(.007)	.030(.007)
	II. left	15 1.71(.38)	.013(.004)	5.20(.84)	.047(.006)	.035(.006)
	III. right	15 1.56(.32)	.014(.002)	4.97(.77)	.055(.009)	.041(.007)
	<i>F</i> -value	7.394	1.261	2.370	5.582	3.601
	<i>p</i>	.001*** ^{\$}	.287	.097	.005*** [#] \$.030* [#] \$

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$ @ center VS lateral, # lateral VS medial, \$ center VS medial

절의 외반각(valgus)은 좌측이 우측에 비해 유의하게 높은 것으로 나타났으며($p < .05$) 무릎의 최대 외반각은 유의하게 나타나지 않았으나($p > .05$) 무릎이 최대 외반될 때까지 소요된 시간은 정면과 좌측이 우측에 비해 빠른 것으로 나타났었다($p < .05$).

<Table 3>은 착지 방향에 따른 수직지면반력값을 나타낸 것이다. 1차 피크포스는 정면으로의 착지가 우측에 비해 유의하게 컸으며($p < .05$), 2차 피크포스까지의 시간과 1차 피크포스에서 2차 피크포스까지 소요된 시간까지의 값은 우측이 정면과 우측으로 착지 시 보다 큰 것으로 나타났었다($p < .05$).

IV. 논 의

많은 선행연구에서 드롭랜딩에 대한 연구가 진행되고 있지만 한 방향으로의 착지 동작을 주 내용으로 하고 있다. 이에 본 연구는 드롭랜딩 동작 시 착지 방향에 따른 하지관절의 변화를 운동학적, 운동역학적으로 분석하여 상해와 관련된 부분들을 살펴보고 예방적 차원에서의 접근을 시도하기 위해 실시하였다.

본 연구에서는 착지 방향에 따라 착지 동작 시 발목과 무릎 관절에서의 운동학적, 운동역학적 차이점이 다소 있었음을 보

여주고 있다.

발목의 상해는 착지 시 족저굴곡과 내반이 있을 시에 발생할 확률이 가장 높다고 하였다(Safran, Benedetti, Bartolozzi & Mendelbaum, 1999). 착지순간의 경우 발목의 족저굴곡각(plantar flexion)은 정면 착지가 좌측 착지 시 보다 높은 것으로 나타나고 있다. 이 차이는 45 cm 높이의 점프대로부터 20 cm 앞에 있는 지면반력이 위로 떨어진 이후 관성에 의해 몸이 정면으로 나가게 되는데 이때 좌측 착지보다 전방 착지 시 더 크게 나타났다 때문이다. 따라서 정면으로 착지 가 우측으로 착지할 때 보다 착지 직전에 발목을 더 족저굴곡시켜 착지 후 몸이 전방으로 나아가려는 것을 막기 위한 동작으로 판단된다. 또한 착지순간 발목관절의 내반각(inversion)은 우측으로 착지 시 유의하게 높은 것으로 나타났다. 이것은 정면으로 착지 시 몸이 전방으로 나가려는 것처럼 우측으로 착지 시에는 몸이 우측으로 나가게 된다. 따라서 우측으로 착지 시 착지 직전에 발목을 더 내반(inversion) 시킴으로써 몸이 왼쪽으로 나아가려는 것을 막기 위한 동작으로 판단된다.

본 연구에서는 착지순간 발목은 모든 방향에서 모두 족저굴곡이 되어 착지를 하였으나 발목의 내반각(inversion)은 정면에 비해 우측으로 착지 시 더 컸기 때문에 우측으로 착지 시 발목의 상해 발생률이 높을 것으로 판단된다. 우측, 좌측 착지에 대

한 선행연구(Ford et al., 2006)의 착지순간 내번각을 살펴보면 본 연구와는 반대되는 결과를 보이고 있다. 이는 착지 높이가 13.5 cm와 45 cm의 차이와 점프대와 착지지점의 거리를 제외한 다른 변인들은 같은 것으로 보아 추후 이 부분에 대한 세밀한 연구가 필요가 있을 것으로 본다. 반면 착지 순간 무릎 외반각의 경우는 좌측 착지가 우측 착지에 비해 큰 것으로 나타났는데 이는 선행연구와 같은 결과를 보이고 있다.

여기서 발견된 사실은 발목의 경우는 착지순간 발목의 족저굴곡각이 정면에 비해 좌측 방향이 적게 나왔으나 최대 배측굴곡각에는 차이가 나타나지 않았다는 것이다. 이 때 최대 배측굴곡까지 소요된 시간은 우측에 비해 좌측이, 좌측에 비해 정면 착지에서 가장 짧은 것으로 나타났다(정면<좌측<우측)는 것이다. 이는 착지 방향 중 정면으로 착지 시 가장 큰 운동범위를 가장 짧은 시간동안 움직였다는 것을 의미하며, 이것은 그만큼 짧은 시간동안 발목에 걸리는 부하를 잘 흡수해야 한다는 의미일 수도 있다. 짧은 시간에 많은 범위를 움직인다는 것은 관련된 구조물들에 상해를 일으킬 확률이 높다는 이야기가 될 수도 있다.

또 하나 발견한 사실은 착지 방향이 착지순간의 무릎굴곡각도에 영향을 미치지 않았다는 것이다. 이것은 착지동작에서 착지 방향이 무릎관절에 영향을 미치지 않고 같은 패턴으로 무릎을 굴곡시켜 착지한다는 것을 의미한다. 그러나 최대 무릎 굴곡각은 좌측 착지보다 정면 착지가 더 높은 것으로 나타났다. 이것은 드롭랜딩 시 정면으로 착지를 하는 동안 몸이 전방으로 나가는 것을 막아주려는 동작으로 사료된다. 선행연구(Thomas, Michael & Mark, 2008)에서는 착지 동작 시 무릎관절의 굴곡각을 크게 함으로써 무릎의 상해를 줄여줄 수 있다고 보고하였는데 이 결과와 비교할 때 좌측, 우측으로 착지할 때보다 정면으로 착지할 때 무릎의 상해 발생률이 낮아질 것으로 판단되어진다. 그러나 무릎이 최대굴곡까지의 소요시간은 정면 착지가 가장 짧은 것으로 나타났는데, 이것은 착지 과정에서 외력으로부터의 충격을 받았을 시에는 무릎의 상해를 유발시킬 수 있는 확률을 높여 줄 것으로 사료된다. 그 이유는 전방 착지 시 가장 큰 무릎관절의 가동범위를 보였음에도 불구하고 가장 빠르게 굴곡을 시키는 것으로 나타났는데, 그 과정에서 예상치 못한 충동이 발생하였을 경우, 예를 들어 공중동작에서 상대전수와 충돌을 하였을 경우, 혹은 무릎에 직접적인 신체접촉으로 인해 외반력이 발생할 경우에는 무릎의 상해 발생률이 높아질 수 있기 때문이다.

착지순간 무릎관절의 외반(valgus)각도는 좌측 방향으로의 착지가 우측으로 착지 할 때보다 유의하게 높았다. 이것은 우측 착지 시 착지 과정에서 몸이 왼쪽으로 나가려는 것을 막아주기 위한 동작으로 무릎이 안쪽으로 들어가는 힘이 발생된 것이며, 착지순간의 외반(valgus)각이 크다는 것은 착지동작 중 무릎의 전방십자인대와 내측부인대(MCL)의 손상을 유발시킬 수 있는 주요한 요인으로 판단되어진다.

본 연구에서는 피크 값을 1차와 2차로 나누어서 분석하였으며, 각 방향에 따른 최대 수직지면반력(PVGRF)에 대해 알아 본 결과, 발의 앞꿈치가 닿을 때 발생하는 1차 최대 지면반력 값은 정면이 우측에 비해 유의하게 높은 값을 나타내었다. 이것은 정면으로 착지 시 몸이 전방으로 나가려는 것을 막기 위해 착지순간 발목을 족저굴곡시킴과 동시에 체중을 앞꿈치에 실음으로써 발생한 것으로 사료된다.

착지 동안 ACL 부하에 관하여 1차 피크값보다는 2차 피크값이 더 중요한데 그 이유는 2차 피크포스가 발생할 때 무릎에 전방전단력(anterior shear force)을 만들어 내기 때문이라고 하였다(Plum, Shelburne, Torry, Decker & Pandey, 2004).

피크포스가 나타나는 시간을 살펴보면 1차 피크포스까지의 소요된 시간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았지만 2차 피크포스까지 소요된 시간은 정면과 좌측에 비해 우측으로 착지 시 더 느린 것으로 나타났다. 이것은 우측으로 착지할 때가 다른 방향으로 착지할 때보다 중심을 잡는 것이 어렵기 때문에 착지 시 더 느리게 착지동작을 수행하였다는 것으로 보여진다.

일반적으로 상해는 상해당시 해부학적 구조물에 걸리는 부하의 크기와 나타나는 시간 또는 부하되어지는 시간으로 이야기 되어질 수 있는데 이를 위해 신체가 자각할 수 있는 고유수용감각이 중요하다고 할 수 있겠다. 무릎관절의 경우, 가장 잘 인용되는 ACL 상해 이론 중 하나를 살펴보면 무릎을 펴고 착지하면 대퇴사두근의 전방 끌림을 증가시켜 그 결과로 ACL에 스트레인을 줄 수 있다는 것인데, 그 이유는 무릎이 지면에 접촉 할 시 완전히 펴 있다면, 슬개건이 경골의 장축에 상대적으로 보다 앞쪽으로 기울어지게 되기 때문이라고 하였다(Plum, et al., 2004). 따라서 착지 시 올바른 무릎 굴곡이 필요하며, 특히 무릎 상해 기전 중의 하나인 외반각(valgus)의 경우, 위험성이 많은 좌측 방향의 착지를 모방한 올바른 착지 훈련과 고유수용감각 훈련을 시키는 것이 상해 예방에 도움을 줄 것으로 판단된다. 대표적인 발목 상해 기전의 경우에는 관상면에서 내번(inversion) 시, 횡단면에서는 내측 회전 시 많이 발생하는데 이때 시상면에서 족저굴곡이 된 상태에서 더욱 발생확률이 높아진다(Mark, Stephen, Shane & Kenneth, 2000)고 하였으므로 발목의 경우는 관상면, 횡단면의 움직임과 함께 시상면의 감속 기전에 신경을 써야 할 것으로 보인다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 드롭랜딩 시 착지 방향이 발목과 무릎의 주요 상해 기전에 미치는 영향을 살펴보는 것이었다. 연구 결과 다음과 같은 결론은 얻었다.

1. 3가지 착지 방향에 따라 발목에서는 정면 방향이 착지순

간 발목 족저굴곡각이 컸으며, 착지순간 발목 내반각은 우측으로 착지 시 큰 것으로 나타났다.

- 3가지 착지 방향에 따라 무릎에서는 착지순간 무릎 외반각은 좌측으로 착지 시 가장 큰 것으로 나타났다.
- 3가지 착지 방향에 따라 1차 피크포스는 정면으로 착지 시 가장 컸으며, 2차 피크포스까지의 소요시간과 2-1 피크포스까지의 소요시간은 우측으로 착지 시 가장 큰 것으로 나타났다.

위의 결과를 종합하여 보면 주요 무릎 상해기전 중의 하나인 외반각이 크게 나오는 좌측 착지 시에는 좌측 방향의 착지를 모방한 올바른 착지 훈련과 발목의 주요 상해기전인 내반이 크게 나오는 우측 착지의 경우는 관상면에 대한 신장성(eccentric) 훈련과 피크포스가 크게 발생하는 정면 착지 시에는 올바른 무릎 굴곡 전략이 필요할 것이다. 이와 함께 전체적인 상해 예방을 위해 착지에 따른 올바른 전략과 관련된 변인들의 고유수용감각 훈련이 되어져야 한다고 판단된다.

추후 연구로는 각 방향에 따른 종합적인 운동학적, 운동역학적 변인들의 연구와 착지 시 높이에 따른 연구를 통해 발목과 무릎에 작용하는 모멘트와 파워를 분석하고 EMG를 부착하여 근활성도와 함께 상해예방 관점에서 접근이 필요할 것으로 보인다.

참고문헌

- 조성초, 채정룡(1998). Drop Landing의 운동학 및 운동역학적 분석. *대한스포츠의학회지*, 16(2), 330-340.
- Agel, J., Evans, T. A., Dick, R., Putukian, M., & Marshall, S. W.(2007). Descriptive epidemiology of collegiate men's soccer injuries: national collegiate athletic association injury surveillance system, 1988-1989 Through 2002-2003. *Journal of Athletic Training*, 42(2), 270-277.
- Agel, J., Palmieri-Smith, R. M., Dick, R., Wojtys, E. M., & Marshall, S. W.(2007). Descriptive epidemiology of collegiate women's volleyball injuries: national collegiate athletic association injury surveillance system, 1988-1989 through 2003-2004. *Journal of Athletic Training*, 42(2), 295-302.
- Boden, B. P., Dean, G. S., Feagin, J. A., & Garrett, W. E.(2000). Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopaedics*, 23, 573-578.
- 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.
- Dufek, J. S., Bates, B. T., Davis, H. P., & Malone, L. A.(1991). Dynamic performance assessment of selected sport shoes on impact forces. *Medicine & Science in Sports and Exercise*, 23, 1062-1067.
- 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.
- Hawkins, R. D., Hulse, M. A., Wilkinson, C., Hodson, A., & Gibson, M.(2001). The association football medical research programme: an audit of injuries in professional football. *British Journal of Sports Medicine*, 35(1), 43-47.
- Hootman, J. M., Dick, R., & Agel, J.(2007). Epidemiology of collegiate injuries for 15 sports: summary and recommendations for injury prevention initiatives. *Journal of Athletic Training*, 42(2), 311-319.
- Kernozek, T. W., Torry, M. R., Hoof, H. V., Cowley, H., & Tanner, S.(2005). Gender differences in frontal and sagittal plane biomechanics during drop landings. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(6), 1003-1012.
- Mark, D. R., Stephen, M. S., Shane, S. S., & Kenneth, L. K.(2000). Effects of tape and exercise on dynamic ankle inversion. *Journal of Athletic Training*, 35(1), 31-37.
- McNitt-Gray, J. L.(1993). Kinetics of the lower extremities during drop landings from three heights. *Journal of Biomechanics*, 26(9), 1037-1046.
- Olsen, O. E., Myklebust, G., Engebretsen, L., & Bahr, R.(2004). Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis. *The American Journal of Sports Medicine*, 32, 1002-1012.
- Pflum, M. A., Shelburne, K. B., Torry, M. R., Decker, M. J., & Pandy, M. G.(2004). Model prediction of anterior cruciate ligament force during drop-landings. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(11), 1949-1958.
- Safran, M. R., Benedetti, R. S., Bartolozzi, A. R., & Mandelbaum, B. R.(1999). lateral ankle sprains : a comprehensive review part I: etiology, pathoanatomy, histopathogenesis, and diagnosis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(7), 429-437.
- Salci, Y., Kentel, B. B., Heycan, C., Akin, S., & Korkusuz,

- F.(2004). Comparison of landing maneuvers between male and female college volleyball players. *Clinical Biomechanics*, 19, 622-628.
- Thomas, W. K., Michael, R. T., & Mark, I.(2008). Gender differences in lower extremity landing mechanics caused by neuromuscular fatigue. *The American Journal of Sports Medicine*, 36, 554-565.
- Woods, C., Hawkins, R., Hulse, M., & Hodson, A.(2002). The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football-analysis of preseason injuries. *The British Journal of Sports Medicine*, 36(6), 436-441.