시각 정보의 차단이 드롭랜딩 시 착지 전략에 미치는 영향

고영철¹ · 조준행² · 문곤성³ · 이해동² · 이성철²

¹연세대학교 대학원 체육학과 · ²연세대학교 교육과학대학 체육교육과 · ³한서대학교 보건학부 물리치료학과

Effects of Visual Information Blockage on Landing Strategy during Drop Landing

Young-Chul Koh¹ · Joon-Haeng Cho² · Gon-Sung Moon³ · Hae-Dong Lee² · 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

³Department of Physical Therapy, College of Health Science, Hanseo University, Seosan, Korea

Received 31 October 2010; Received in revised form 6 November 2010; Accepted 30 December 2010

ABSTRACT

This study aimed to determine the effects of the blockage of visual feedback on joint dynamics of the lower extremity. Fifteen healthy male subjects (age: 24.1 ± 2.3 yr, height: 178.7 ± 5.2 cm, weight: 73.6 ± 6.6 kg) participated in this study. Each subject performed single-legged landing from a 45 cm-platform with the eyes open or closed. During the landing performance, three-dimensional kinematics of the lower extremity and ground reaction force (GRF) were recorded using a 8 infrared camera motion analysis system (Vicon MX-F20, Oxford Metric Ltd, Oxford, UK) with a force platform (ORG-6, AMTI, Watertown, MA).

The results showed that at 50 ms prior to foot contact and at the time of foot contact, ankle plantar-flexion angle was smaller ($p < .05$) but the knee joint valgus and the hip flexion angles were greater with the eyes closed as compared to with the eyes open ($p < .05$). An increase in anterior GRF was observed during single-legged landing with the eyes closed as compared to with the eyes open ($p < .05$). Time to peak GRF in the medial, vertical and posterior directions occurred significantly earlier when the eyes were closed as compared to when the eyes were open ($p < .05$). Landing with the eyes closed resulted in a higher peak vertical loading rate ($p < .05$). In addition, the shock-absorbing power decreased at the ankle joint ($p < .05$) but increased at the hip joints when landing with the eyes closed ($p < .05$). When the eyes were closed, landing could be characterized by a less plantarflexed ankle joint and more flexed hip joint, with a faster time to peak GRF. These results imply that subjects are able to adapt the control of landing to different feedback conditions. Therefore, we suggest that training programs be introduced to reduce these injury risk factors.

Keywords : Drop Landing, Kinematic, Lower Extremity, Visual Information

I. 서 론

착지 시 발생하는 높은 수직지면반력과 자세의 기계학적 변화는 근골격계 상해와 밀접한 관련이 있는 것으로 보고되어지고 있다(Cavanagh & LaFortune, 1980).

이 논문은 2010 서울올림픽기념 국제스포츠과학술대회 구두 발표논문임.
Corresponding Author : Sung-Cheol Lee
Department of Physical Education, College of Sciences in Education,
Yonsei University, Shinchon-dong, Seodaemun-Gu, Seoul, Korea
Tel : +82-2-2123-3192 / Fax : +82-2-356-0942
E-mail : cheo13192@yonsei.ac.kr

운동 기술을 수행하는데 있어서 가장 먼저 이루어지는 과정은 시각 정보를 바탕으로 표면(surface)을 지각하는 것이다(Gibson, 1979). 착지 시 시각은 지면과의 거리 정보를 미리 지각함으로써 착지 시 발생하는 충격을 흡수하기 위한 관절이나 근육의 활동을 미리 준비하는 역할을 수행한다(Sidaway, McNitt-Gray & Davis, 1989). 그러나 실제 운동 상황에서 농구의 리바운드, 축구의 헤딩, 배구의 스파이크, 그리고 핸드볼의 점프슛 후 착지 시 상대방과의 접촉 및 목표 달성 등의 이유로 항상 일정한 곳을 보며 착지가 이뤄지지 않는다.

Santello, McDonagh와 Challis(2001)는 4개의 다른 높이에서 양

발 착지 시 시각 정보의 유무에 따른 하지 관절의 움직임을 연구한 결과 착지의 높이가 높아질수록 시야가 확보되지 않은 경우 더 큰 수직지면반력을 보였으며, 무릎 관절은 더 굴곡되었고, 엉덩 관절의 각도는 더 신진되는 경향을 보였다고 하였다.

국내에서도 Kim과 Ko(1997)는 5명의 여성 피험자들을 대상으로 90 cm 높이로부터 양발 착지 시 시각이 낙하 동작의 협응과 제어에 어떠한 영향을 미치는가에 대해서 알아보았다. 연구 결과에 따르면 시각의 사용 유무는 관절들의 제어 특성에 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 즉 착지 시 시야가 확보되지 않은 경우 엉덩 관절은 더 많은 굴곡을 하고 무릎 관절은 더 빠르게 굴곡을 한다고 보고하였다.

Cho(2004)는 40 cm 드롭랜딩 시 시각의 방해에 따른 하지 관절의 변화를 살펴본 결과 Santello et al.(2001)의 연구 결과와 유사하게 시각이 방해되면 착지 순간 무릎을 더 굴곡시키고, 착지 과정에서 무릎 관절의 운동 범위를 증가시키는 특징을 보이는 반면, 엉덩 관절의 운동 범위는 감소되는 기계학적 자세의 특징을 보인다고 하였다.

앞선 연구들에서는 양발 착지에 관한 연구가 많이 이뤄져 왔으나 실제 운동 상황에서는 상황에 따라서 양발로 착지 하는 경우보다 한발로 착지를 하는 경우가 자주 발생되어지며, 특히 한발 착지 시 발생되는 큰 수직지면반력과 자세의 기계학적 변화는 무릎의 전방 십자인대(ACL) 등을 포함한 무릎의 부상에 주요한 요인이 될 수 있다고 보고되고 있다(Boden, Dean, Feagin & Garrett, 2000; Olsen, Myklebust, Engebretsen & Bahr, 2004).

따라서 본 연구의 목적은 스포츠 상황에서 빈번하게 발생할 수 있는 한발 착지 동작에서 시각 정보의 차단이 하지 관절의 착지 전락에 어떠한 영향을 미치는지를 밝혀 착지 시 일어날 수 있는 스포츠 상해 예방을 위한 자료를 제시하고자 함에 그 목적이 있다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

본 연구에서는 실험 전 최소 3개월 내에 하지 관절에 부상 경험 없는 건강한 성인 남자 15명(age : 24.1 ± 2.3 yr, height : 178.7 ± 5.2 cm, weight : 73.6 ± 6.6 kg)이 참여 하였다. 이들은 실험 목적과 절차에 대한 충분한 이해를 하고 실험 참여 동의서를 제출한 뒤 참여하였다.

2. 실험 장비

적외선 카메라 8대(VICON MX-F20, Oxford Metrics, Oxford, UK)로 구성된 3차원 동작 분석 시스템(VICON Motion Systems, Oxford Metrics, Oxford, UK)을 사용하여 200 Hz로 영상자료를

획득하였으며, 운동역학적 특성을 고찰하기 위하여 지면반력 측정기(AMTI, OR6, Watertown, MA)를 이용하여 지면반력(GRF: ground reaction force) 자료를 2000 Hz로 수집하였다. 적외선 카메라와 지면반력 신호의 동조는 VICON Motion Systems의 Data Station과 연결된 아날로그 신호 제어 상자(analogue signal control box)를 통해 이뤄지도록 하였다.

3. 실험 절차

실험 전 대상자들의 기본적인 신체특성과 하지에 대한 해부학적 자료를 측정하였으며, A사의 동일한 운동화와 검정색 타이즈를 착용하였다. 인체의 3차원 데이터를 수집하기 위해 Helen Hayes marker set을 수정한 Plug in Gait 마커 시스템을 사용하였으며, 14 mm의 구형 반사 마커 16개를 좌 우 Anterior Superior Iliac Spine(ASIS), Posterior Superior Iliac Spine(PSIS), lateral mid thigh, lateral knee epicondyle, lateral mid shank, lateral malleolus, calcaneus, 2th metatarsal head에 부착하였다. 대상자들은 force plate로부터 20 cm 거리에 설치된 직접 제작한 실험 상자(45 cm)에서 오른 다리로 중심을 잡은 후 최대한 높이 변화를 일정하게 유지하여 점프 후 착지 동작을 수행하였다(Figure 1).

Figure 1. Experimental condition

실험 대상자들은 충분한 준비 운동을 실시한 후 눈가림과 지면을 본 상황에서 착지 동작을 수행 하였다. 이때 대상자의 발이 지면반력측정기 바깥쪽에 착지하거나, 중심을 잃은 경우는 실패한 것으로 간주하여 다시 실시하였으며, 성공적으로 수행한 3회의 동작이 나올 때까지 실시하였다. 대상자들에게 착지 시 충격력을 최소화하는 연성 착지를 하도록 유도하였으며, 순수하게 하지에서 발생하는 기전만을 살펴보기 위하여 오른손은 왼쪽 어깨에, 왼손은 오른쪽 어깨에 교차되도록 하였다.

4. 자료 처리 및 분석

8대의 적외선 카메라로 촬영된 착지 동작의 데이터 및 지면반력 데이터의 분석은 Nexus · Polygon 동작분석 프로그램(Vicon Motion Systems, Oxford Metrics, Oxford, UK) 및 Labview 6.1(National Instruments Co., Texas, USA) 소프트웨어를 활용하였다.

시각 정보의 차단에 따른 시상면과 관상면에서의 엉덩 관절, 무릎 관절, 발목 관절의 각도와 수직지면반력(Vertical GRF), 전후지면반력(A-P GRF), 내외지면반력(M-L GRF)을 분석하였다. 자세 안정성에 대한 분석을 위하여 압력 중심(Center of Pressure, COP), 전후 안정성 지수(Anterior-Posterior Stability Index, APSI), 내외 안정성 지수(Medial-Lateral Stability Index, MLSI), 수직 안정성 지수(Vertical Stability Index, VSI)를 살펴보았으며, 충격흡수 파워(Absorption Power)를 분석 하였다. 본 연구에서는 착지 전 50 ms, 착지 순간(IC), 최대 수직지면반력이 발생한 시점, 그리고 무릎이 최대 굴곡된 시점 등 총 4개의 시점을 설정 하였다. 수집된 영상과 지면반력 데이터는 저역통과 필터(butterworth lowpass filter)에 의하여 필터링 하였으며, 차단 주파수(cutoff frequency)는 영상의 경우 10 Hz, 지면반력의 경우 100 Hz로 하였다 (Winter, 1990).

5. 통계 처리

시각 정보의 유무에 따라 총 3번의 착지 동작을 실시하였으며, 모든 평균값과 표준편차를 구하였다. 시각 정보 유무에 따른 착지 간의 운동학적, 운동역학적 변인들에 대한 차이를 알아보기 위해 SPSS 17.0 통계패키지 내의 paired t-test를 사용하여 분석하였다. 유의 수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

III. 연구 결과

<Table 1>은 드롭랜딩 시 시각 정보의 유무에 따른 각 시점별 발목, 무릎, 엉덩 관절의 시상면과 관상면에서의 움직임을 나타낸 것이다.

<Figure 2, 3>은 발목 관절의 시상면과 관상면적 움직임을 나타낸 그래프이다. 시상면에서 발목 관절의 움직임을 살펴본 결과 시야가 확보되지 못한 상태로 착지 시 착지 전 50 ms 시점과 착지 순간 시점에서 족저굴곡각이 작은 것으로 나타났다 ($p<.05$). 관상면에서의 움직임은 차이가 나타나지 않았다.

<Figure 4, 5>는 무릎 관절의 시상면과 관상면적 움직임을 나타낸 그래프이다. 무릎 관절은 시상면에서 시야의 유무에 따른 차이가 나타나지 않았으나, 관상면적 움직임을 살펴본 결과 최대 수직지면반력이 발생된 시점에서 시야가 확보되지 못한 상태로 착지 시 더 큰 외반(valgus)각이 나타났다($p<.05$).

<Figure 6, 7>은 엉덩 관절의 시상면과 관상면적 움직임을 나타낸 그래프이다. 엉덩 관절의 움직임을 살펴본 결과 시야가 확보되지 못한 상태로 착지 시 시상면에서는 최대 무릎 굴곡 시점에서의 엉덩 굴곡각이 더 큰 것으로 나타났으며($p<.05$), 관상면에서는 최대 수직지면반력 시점에서의 내전(adduction)각이 더 큰 것으로 나타났다($p<.05$).

Table 1. Angle of Lower extremity

(unit: deg)

events	joint	conditions	sagittal plane			frontal plane		
			Mean(SD)	t	p	Mean(SD)	t	p
before 50 ms IC	ankle	closed	-25.33(5.22)	2.534	.024*	-.15(1.43)	-1.139	.274
		open	-27.74(5.20)			.03(1.70)		
	knee	closed	12.35(5.58)	1.362	.195	.13(4.78)	-1.222	.242
		open	10.84(5.90)			.73(4.97)		
	hip	closed	16.85(5.13)	-.308	.763	-9.19(4.23)	1.655	.120
		open	17.15(5.32)			-9.88(3.20)		
IC	ankle	closed	-13.80(4.97)	2.405	.031*	.46(1.44)	-.561	.584
		open	-15.10(6.27)			.55(1.54)		
	knee	closed	17.25(3.10)	-.461	.652	-.81(3.70)	-.697	.497
		open	17.63(4.12)			-.47(4.75)		
	hip	closed	18.23(4.49)	.343	.737	-9.99(4.97)	1.871	.082
		open	17.94(4.15)			-10.67(4.50)		
At Peak VGRF	ankle	closed	10.55(3.51)	-.191	.851	3.49(1.53)	-.308	.763
		open	10.69(4.32)			3.56(1.46)		
	knee	closed	38.95(4.98)	-.671	.513	-3.59(6.45)	-3.006	.009*
		open	39.41(5.00)			-1.91(6.16)		
	hip	closed	28.14(5.07)	1.825	.089	-6.32(6.66)	2.161	.049*
		open	26.84(5.61)			-7.35(6.24)		
At Maximum Knee Flexion	ankle	closed	25.75(7.17)	1.375	.191	6.37(2.21)	1.288	.219
		open	23.93(8.01)			5.98(2.28)		
	knee	closed	72.92(11.90)	1.128	.278	.95(10.96)	.002	.999
		open	70.71(12.19)			.95(10.00)		
	hip	closed	54.30(15.92)	2.225	.043*	2.34(5.92)	1.989	.067
		open	49.97(15.75)			.62(6.23)		

* $p<.05$

Figure 2. Ankle dorsi/plantar flexion angle

Figure 3. Ankle inversion/eversion angle

Figure 4. Knee flexion/extension angle

Figure 5. Knee valgus/varus angle

Figure 6. Hip flexion/extension angle

Figure 7. Hip abduction/adduction angle

<Table 2>는 드롭랜딩 시 시야의 유무에 따른 최대 전-후, 좌-우, 수직지면반력과 소요시간, 부하율 그리고 충격량을 나타낸 것이다.

<Figure 8, 9, 10>은 전-후, 좌-우 그리고 수직지면반력을 나타낸 그래프이다. 시야가 확보되지 못한 상태로 착지 시 전-후 지면반력에서는 차이가 나타났으나($p < .01$), 좌-우 수직지면반력에서는 차이가 나타나지 않았다. 그러나 시야가 확보되지 못한 상태로 착지 시 최대 수직지면반력까지 소요된 시간이 더 빠르게 나타났으며($p < .05$), 부하율 또한 더 큰 것으로 나타났다($p < .05$).

<Table 3>은 드롭랜딩 시 시야의 유무에 따른 COP X, Y와

APSI, MLSI, VSI를 나타낸 것이다. 시야가 확보되지 못한 상태로 착지할 경우 COP X와 APSI가 높은 것으로 나타났으나($p < .05$), COP Y와 MLSI, VSI는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

<Table 4>는 드롭랜딩 시 시야의 유무에 따른 발목, 무릎, 엉덩관절에서의 충격흡수 파워를 나타낸 것이다.

<Figure 11, 12, 13>은 발목, 무릎 그리고 엉덩관절에서의 충격흡수 파워를 나타낸 그래프이다.

시야가 확보되지 못한 상태로 착지 시 무릎 관절에서는 차이를 보이지 않았으나, 발목 관절에서는 충격흡수 파워가 낮게 나타났으며($p < .01$), 엉덩관절에서는 더 높게 나타났다($p < .01$).

Table 2. Peak GRF, Peak GRF time, Loading rate, Impulse

conditions		Peak GRF(BW)			Peak GRF time(ms)		
		Mean(SD)	t	p	Mean(SD)	t	p
Anterior	closed	.30(.19)	3.960	.001**	29.92(8.01)	-.544	.595
	open	.18(.12)			31.19(95.86)		
Posterior	closed	1.11(.24)	1.637	.124	10.94(1.38)	-3.489	.004**
	open	1.04(.25)			11.60(1.43)		
Medial	closed	.25(.05)	.815	.429	24.13(7.20)	-3.975	.001**
	open	.24(.06)			29.87(6.77)		
Lateral	closed	.37(.11)	.728	.479	36.39(10.68)	-.936	.365
	open	.35(.13)			38.68(9.05)		
Vertical	closed	5.25(.66)	.921	.373	39.27(6.21)	-2.346	.034*
	open	5.14(.64)			41.19(5.15)		
Loading rate (N/BW/s)	closed	86.16(9.68)	2.410	.030*	-	-	-
	open	78.71(4.14)			-	-	-
Impulse (N/BW · s)	closed	3.57(.86)	-2.071	.057	-	-	-
	open	4.00(.85)			-	-	-

* $p < .05$, ** $p < .01$

Figure 8. Anterior-posterior GRF

Figure 9. Medial-lateral GRF

Figure 10. Vertical GRF

Figure 11. Ankle power

Figure 12. Knee power

Figure 13. Hip power

Table 3. COP X, Y, APSI, MLSI, VSI

	conditions	Mean(SD)	t	p
COP X	closed	39.96(8.35)	2.635	.020*
	open	36.37(5.34)		
COP Y	closed	10.06(2.87)	1.536	.147
	open	8.71(3.01)		
APSI	closed	.49(.07)	2.194	.046*
	open	.45(.09)		
MLSI	closed	.14(.02)	.899	.384
	open	.14(.03)		
VSI	closed	1.69(.22)	1.461	.166
	open	1.62(.20)		

* $p < .05$

Table 4. Ankle, knee & hip absorption power

(unit: Watt)

	conditions	Mean(SD)	t	p
ankle power	closed	-20.66(4.14)	3.023	.009**
	open	-23.20(4.89)		
knee power	closed	-35.12(6.65)	-1.005	.332
	open	-34.15(6.10)		
hip power	closed	-25.83(6.28)	-3.163	.007**
	open	-20.97(4.31)		

* $p < .05$, ** $p < .01$

IV. 논 의

본 연구는 운동 상황에서 빈번하게 발생하는 한발 착지 동작에서 시각 정보의 차단이 하지 관절의 착지 전략에 어떠한 영향을 미치는가를 밝혀 착지 시 일어날 수 있는 스포츠 상해 예방을 위한 자료를 제시하고자 함에 그 목적이 있다.

실제 운동 상황에서는 상대방과 접촉 및 목표 달성 등의 다양한 상황 변화에 의해 한발로 착지하는 경우가 많이 발생되어지며 특히 한발 착지 시 발생하는 큰 수직지면반력과 기계학적 자세의 변화는 무릎의 전방 십자인대(ACL)등을 포함한 무릎 상해에 큰 영향을 미친다고 보고되어지고 있다(Hewett et al., 2005; Olsen et al., 2004).

<Table 1>은 드롭랜드 시 시야의 유무에 따른 하지관절에서의 움직임의 보여 주고 있으며, 시야가 확보되지 않은 상태에서 착지 시 착지 전 50 ms 와 착지 순간 시점에서 발목 관절의 족저굴곡각이 더 작은 것으로 나타났다.

선행연구에 의하면 시각 정보가 제한될 경우에는 안정성을 확보하고자하는 과정에서 발목의 움직임을 제한시키려는 전략을 취한다고 하였다(Kuo & Zajak, 1993; Kuo, 1995).

또한 착지 시 지면으로부터 발생하는 지면반력을 흡수하기 위해 발목은 족저굴곡으로부터 배측굴곡을 한다고 하였으며

(Gehring, Melnyk & Gollhofer, 2009), 충격을 흡수하기 위해서는 고관절의 역할보다는 발목과 무릎 관절에서의 움직임을 더 활용한다고 하였다(McNitt-Gray, 1993).

착지 시 발목 관절의 움직임이 줄어들 경우 발목 부상 발생률이 높아질 수 있는데(Tabrizi, McIntyre & Quensel, 2000), 본 연구 결과에서와 같이 시야가 확보 되지 않은 상태에서 착지 시 감소된 족저굴곡각은 발목 부상의 위험이 있을 것으로 사료된다.

엉덩 관절의 경우 시야가 확보 되지 않은 상태에서 착지 시 최대 무릎 굴곡 시점에서 유의하게 더 큰 굴곡각을 보였다.

Kim et al.(1997)은 착지 시 시야의 유무에 따른 하지 관절의 변화를 살펴본 결과 시각 정보가 없을 경우 엉덩 관절이 더 굴곡되어진다고 하였는데 본 연구의 결과와 유사한 것으로 나타났다.

이밖에 Santello et al.(2001)과 Cho(2004)의 연구에서는 착지 동작에서 시각의 방해는 무릎각을 더 굴곡시키는 결과를 보여 본 연구와 비슷한 경향을 보이기는 했으나, 본 연구에서는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지는 않았다. 그러나 본 연구 결과에서는 시각 정보의 차단이 시상면에서의 무릎 관절의 움직임에는 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다. 이러한 결과의 차이는 실험과정에서 설정된 착지 높이와 착지 방법 차이에서 비롯된 것으로 사료된다.

착지 동작에서 균형을 잡기위해서 시각계, 전정기관, 고유수용감각 등의 감각계의 복잡한 체계와 운동 체계가 적절한 조화를 이뤄 균형을 잡게 되며 이러한 착지 동작은 동적인 움직임에서의 균형으로써 동적 균형을 유지할 때 크게 발목전략과 고관절전략이 활용되어진다. 이때 감각계의 차단은 발목전략보다는 고관절 전략을 활용하게 된다(Horak & Nasher, 1986).

본 연구의 결과에서 시야가 확보되지 않은 상태에서 착지 시 발목 관절의 움직임은 제한된 반면 엉덩 관절의 움직임이 크게 나타난 것은 시각계의 차단으로 발목 관절보다 고관절을 활용한 전략을 취한 것으로 사료된다.

관상면에서의 무릎 관절의 움직임을 살펴본 결과 시야가 확보되지 않은 상태에서 착지 시 최대 수직지면반력이 발생한 순간 무릎 관절의 외반(valgus)각도가 유의하게 높은 결과를 보였다.

무릎의 대표적인 상해발생 기전은 무릎의 굴곡(knee flexion)과 함께 외반(valgus)되어진 상태에서 발생한다고 보고되어지고 있는데(Agel, Evans, Dick, Putukian & Marshall, 2007; Agel, Palmieri-Smith, Dick, Wojtys & Marshall, 2007), 시야가 확보되지 않은 상태에서 착지 시 외반(valgus)각이 크다는 것은 무릎의 전방십자인대와 내측부인대(MCL)의 손상을 유발하는 요인이 될 수 있다(Cho, Kim, Moon, Cho & Lee, 2010).

드롭랜드 시 시야의 유무에 따른 최대 전-후, 좌-우, 수직지면반력 값과 소요시간, 부하율, 충격량을 알아본 결과 착지 시 시야가 확보 되지 않은 경우 전방으로의 지면반력과 부하율이 유의하게 높게 나타났다. 또한 시야의 유무에 따라서 최대 수

직지면반력의 차이는 유의하게 나타나지 않았으나 시야가 확보되지 않은 상태에서 착지 시 최대 수직지면반력이 발생한 시간이 유의하게 빠른 것으로 나타났다.

이에 따라 시야가 확보되지 않은 상태에서 착지 시 부하율이 더 크게 발생하였는데 단위 시간당 큰 속도의 운동은 더 큰 충격을 발생 시키고(Cho & Chae, 1998), 착지 시간을 길게 가지고 가는 것이 상해를 예방하는데 도움을 줄 수 있다고 하였듯이 시야가 확보되지 않은 상태에서 착지 시 부하율의 증가는 부상의 발생확률을 더 높여줄 것으로 사료된다.

또한 시야가 확보되지 않은 상태에서 착지 시 전방방향으로의 지면반력의 정점 및 내측방향으로 지면반력이 발생한 시간에서 유의한 차이를 보였는데, 이러한 차이들은 시야가 확보되지 않은 상태에서 착지 시 착지 과정이 불안정했다는 것을 의미할 수 있으며, 이러한 불안정한 착지는 발목의 인대를 포함한 하지관절의 부상으로 이어질 확률이 높다고 할 수 있다(Riccio & Stoffregen, 1988).

자세의 안정성을 평가하는 중요한 변수로 COP의 움직임에 대한 분석이 임상적 예측을 위해서 이용되어지고 있다(Lee & Lin, 2007). 본 연구에서 COP의 크기를 살펴본 결과 시야가 확보되지 않은 경우 A-P COP의 값이 더 큰 것으로 나타났는데, 이것은 착지 과정에서 앞뒤 방향의 흔들림의 폭이 증가하였다는 것을 의미하는 것이며, 시야의 미확보는 안정성을 감소시킨다는 것을 의미하는 것이다.

착지 시 발목, 무릎, 엉덩 관절의 충격흡수 파워를 살펴본 결과 시야가 확보되지 않을 경우 발목 관절에서의 충격흡수 파워는 유의하게 낮아졌으며, 엉덩 관절에서의 충격흡수 파워는 유의하게 증가한 것으로 나타났다.

이러한 결과는 착지 시 시야가 확보되지 않은 경우 충격을 흡수 하는 기전이 발목보다는 엉덩 관절을 더 활용한다는 것을 의미한다고 할 수 있으며, 결국 시야의 유무에 따라서 하지 관절의 충격흡수 기전에 변화가 있음을 알 수 있었다.

V. 결론 및 제언

본 연구의 목적은 착지 시 시각 정보의 차단이 하지 관절의 착지 전략에 어떠한 영향을 미치는 가를 알아보고자 하는데 있었다. 시상면에서의 변화를 살펴본 결과 시각적 정보가 없을 경우 50 ms 시점과 착지 순간 시점에서 족저굴곡각이 감소하였으며, 최대 무릎 굴곡 시점에서 엉덩 관절의 굴곡각이 증가한 것으로 나타났다.

관상면에서의 변화를 살펴본 결과 시각적 정보가 없을 경우 최대 수직지면반력 시점에서 무릎 관절의 외반각이 증가한 것으로 나타났다.

착지 시 시야의 유무에 따른 최대 전-후, 좌-우, 수직지면반력 값과 소요시간, 부하율, 충격량을 알아본 결과, 착지 시 시야가 확보 되지 않은 경우 전방으로의 지면반력 값과 부하율이 유의하게 높았으며, 시야의 유무에 따라 최대 수직지면반력은 차이를 보이지 않았으나 시야가 확보되지 않은 상태에서 착지 시 최대 수직지면반력이 유의하게 더 일찍 발생하였다. 또한 균형능력을 평가할 수 있는 COP의 움직임에 대한 분석 결과, 시야가 확보되지 않은 상태에서 착지 시 앞뒤 방향으로의 COP 값이 유의하게 더 크게 발생하여 시야의 유무가 착지 동작에서 안정성을 유지하는데 영향을 미치는 것으로 나타났다.

마지막으로 하지 관절들의 충격흡수파워를 살펴본 결과, 착지 시 시야가 확보되지 않은 경우 발목에서는 충격흡수파워가 유의하게 감소한 반면 엉덩 관절에서는 충격흡수 파워가 증가하는 결과를 보였다. 이러한 결과는 시야가 확보되지 않은 경우 착지 시 발목 관절 보다는 엉덩 관절을 활용하여 충격을 흡수하는 것으로 판단된다.

이러한 결과들을 종합해보면, 시야의 유무는 하지관절의 움직임, 지면반력변인, COP, 안정화지수, power 등에서 유의한 차이를 보인 것을 알 수 있었다. 착지 동작에 있어서 시야의 유무는 충격 흡수 기전이 다르게 변화 시키는 것 나타났으며, 시야가 확보되지 않은 경우 착지 시 인체 안정성이 줄어들게 되며 무릎의 주요 상해 기전 중 하나인 외반각이 크게 나타남에 따라 부상의 위험성이 있을 것으로 사료된다.

이에 따라 발목 관절과 무릎 관절의 상해 예방을 위해 올바른 착지 전략과 관련된 변인들의 고유수용감각 훈련이 이뤄져야 한다고 생각되며, 이러한 결과들은 스포츠 상해예방 및 후속 연구에 유익한 정보로 제공이 되어 질 수 있을 것으로 사료된다.

후속 연구에서는 보다 실제 운동 상황과 유사한 상황, 즉 시선의 방향에 따라서 지면이나 주변 정보 획득에 제한이 있는 경우 착지 전략의 변화에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

- Agel, J., Evans, T. T., Dick, R., Putukian, M., & Marshall, S. W.(2007). Descriptive epidemiology of collegiate men's soccer injuries: national collegiate athletic association injury surveillance system. *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. *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.
- Cavanagh, P. R., & LaFortune, M. A.(1980). Ground reaction forces in distance running. *Journal of Biomechanics*, 13(5), 397-406.
- Cho, J. H., & Kim, K. H., Moon, G. S., Cho, Y. J., & Lee, S. C.(2010). Analysis of injury mechanism on ankle and knee during drop landings according to landing directions. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 20(1), 67-73.
- Dufek, J. S., & Bates, B. T.(1990). The evaluation and prediction of impact forces during landings. *Medicine Science Sports Exercise*, 22(2), 370-377.
- Gehring, D., Melnyk, M., & Gollhofer, A.(2009). Gender and fatigue have influence on knee joint control strategies during landing. *Clinical Biomechanics*, 24(1), 82-87.
- Gibson, J. J.(1997). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Boston: Houghton Mifflin.
- Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Heidt Jr., R. S., Colosimo, A. J., McLean, S. G., van den Bogert, A. J., Paterno, M. V., & Succop, P.(2005). Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 33, 492-501.
- Horak F. B., & Nasher L. M.(1986). Central programming of postural movements: Adaptation to altered support surface configurations. *Journal of Neurophysiology*, 55(6), 1369-1381.
- Jo, S. C.(2004). The effect of blindfolded eyes on kinematics of drop landing. *Korean Journal of Physical Education*, 43(3), 851-860.
- Jo, S. C., & Chae, J. R.(1998). Kinematic and kinetic analysis of drop landing. *Korean Journal of Sports Medicine*, 16(2), 330-340.
- Kim, H. K., & Ko, Y. G.(1997). The role of vision on coordination and control of drop landing movement. *Korean Journal of Physical Education*, 36(3), 77-96.
- Kuo, A. D.(1995). An optimal control model for analyzing human postural balance. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 42, 87-101.
- Kuo, A. D., & Zajac, F. E.(1993). Human standing posture: multi-joint movement strategies based on biomechanical constraints. *Progress in Brain Research*, 97, 349-358.
- Lee, A. J. Y., & Lin, W. H.(2007). The influence of gender and somatotype on single leg upright standing postural stability in children. *Journal of Applied Biomechanics*, 23, 173-179.
- 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.
- Riccio, G. E., & Stoffregen, T. A.(1988). Accordances as constraints on the control of stance, *Human Movement Science*, 7, 265-300.
- Santello, M., McDonagh, M. J., & Challis, J. H.(2001). Visual and non-visual control of landing movements in humans. *The Journal of Physiology*, 15, 313-327.
- Sidaway, B., McNitt-Gray, J., & Davis, G.(1989). Visual timing of muscle preactivation in preparation for landing. *Ecological Psychology*, 3, 253-264.
- Tabrizi, P., McIntyre, W. M., Quensel, M. B., & Howard, A. W. (2000). Limited dorsiflexion predisposes to injuries of the ankle in children. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 82, 1103-1106.
- Winter, D. A.(1990). *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*(2nd Edition). New York : John Wiley & Sons.