

기능적 발목 불안정성 선수들의 드롭랜딩 시 재활 기간이 하지 관절의 운동역학적 특성에 미치는 영향

조준행¹ · 김경훈¹ · 이해동¹ · 이성철¹

¹연세대학교 교육과학대학 체육교육과

Effects of Rehabilitation Duration on Lower Limb Joints Biomechanics during Drop Landing in Athletes with Functional Ankle Instability

Joon-Haeng Cho¹ · Kyoung-Hun Kim¹ · Hae-Dong Lee¹ · Sung-Cheol Lee¹

¹Department of Physical Education, College of Sciences in Education, Yonsei University, Seoul, Korea

Received 31 October 2010; Received in revised form 04 December 2010; Accepted 26 December 2010

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze the changes in kinematic and kinetic parameters of lower extremity joint according to rehabilitation period. Fourteen collegiate male athletes(age: 22.1±1.35 years, height: 182.46±9.45cm, weight: 88.63±9.25kg) and fourteen collegiate athletes on functional ankle instability(age: 21.5±1.35 years, height: 184.45±9.42cm, weight: 92.85±10.85kg) with the right leg as dominant were chosen. The subjects performed drop landing. The data were collected by using VICON with 8 camera to analyze kinematic variables and force platform to analyze kinetic variables. There are two approaches of this study, one is to compare between groups, the other is to find changes of lower extremity joint after rehabilitation. In comparison to the control group, FAI group showed more increased PF & Inversion at IC and decreased full ROM when drop landing. Regarding the peak force and loading rate, it resulted in higher PVGRF and loading. FAI group used more increased knee and hip ROM because of decreased ankle ROM to absorb the shock. And it used sagittal movement to stabilize. In terms of rehabilitation period, FAI group showed that landing patterns were changed and it increased total ankle excursion and used all lower extremity joint close to normal ankle. Regarding the peak force and loading rate, FAI group decreased PVGRF and loading rate. and also showed shock absorption using increased ankle movement. And COP variable showed that proprioception training increased stability during 8 weeks. The results of this study suggest that 8 weeks rehabilitation period is worthwhile to be considered as a way to improve neuromuscular control and to prevent sports injuries.

Keywords : Ankle Instability, Drop Landing, Rehabilitation Period, Kinematics, Kinetics

I. 서론

스포츠와 부상은 분리할 수가 없는 일부분으로 받아들여지고 있는데(Valk & Pivalica, 2004), 각종 스포츠에서 많은 운동선

수들이 부상을 당하고 있는 만큼 부상에 대한 치료 방법과 함께 재활 기술들이 진보하고 있는 추세이다.

스포츠에서 발생하는 부상 부위는 하지 관절이 가장 큰 비중을 차지하며, 이중 발목 관절의 부상은 가장 빈번하게 발생되는데(Hootman, Dick & Agel, 2007), 특히 외측부 인대(ankle lateral ligament)는 가장 흔하게 당하는 부상 부위이다.

발목의 외측부 인대는 반복적으로 손상을 입는 부위로서 재손상 비율이 80%에 이른다. 이로 인해 발목의 불안정성이 증가하게 된다(Hertel, 2000; Smith & Reischle 1986). 첫 발목 염좌

Corresponding Author : Sung-Cheol Lee
Department of Physical Education, College of Sciences in Education,
Yonsei University, Shinchon-dong, Seodaemun-gu, Seoul, Korea
Tel : +82-2-2123-4720 / Fax : +82-2-356-0942
E-mail : Cheo13192@yonsei.ac.kr
이 논문은 2007학년도 연세대학교 학술연구비의 지원에 의하여 수행되었음

이후 치료와 재활적인 관리가 되지 못할 경우 40~75% 이상이 만성적인 발목 불안정성(Chronic Ankle Instability: CAI)으로 발전하며(Yeung, Chan & So, 1994; Ross & Guskiewicz, 2004; Holmer, Sondergaard, Konradsen, Nielsen & Jorgensen, 1994), 기계적(mechanical)과 기능적(functional) 불안정성으로 나뉘고 이중 기능적 발목 불안정성(Functional Ankle Instability : FAI)은 염좌 이후에 발생하는 후유증으로써 통증과 함께 발목이 빠지는 듯한 느낌이나 반복적인 손상이 나타나는 등의 기능적 문제가 있다고 하였다(Emin & Bulent, 2008; Gerber, Williams, Scoville, Arciero & Taylor, 1998; Brown, Padua, Marshall & Guskiewicz, 2008).

실제로 처음 다친 부위가 심각하지 않아 이를 무시하고 계속적인 훈련과 연습을 할 경우 재발이나 이차적인 부상이 심각해지는 지는 것으로 보고되고 있으며(Fried & Lloyd, 1992), 이전에 다친 부상과 재발을 사이에는 유의한 관계가 있다고 하였다(McHugh, Tyler, Tetro, Mullaney & Nicholas, 2006). 부상 이후 재활 훈련이 빠르게 시작될 경우 복귀 시점을 앞당길 수 있다고 하였는데(Nielsen & Yde, 1988), 이처럼 부상 후 재활 치료와 기간에 대한 부분도 접근할 필요가 있다.

발란스 보드 훈련(Tropp, Asklind & Gillquist, 1985), 저항운동(Hewett, Stroupe, Nance & Noyes, 1996; Mandelbaum, Silvers, Watanabe, Knarr, Thomas, Griffin, Kirkendall & Garrett, 2005; Valentine & Yves, 2000), 외발 수행(single leg performance)을 통한 자세 안정성의 효과(Moussa, Zouita, Dziri & Salah, 2009), 발란스 능력 향상에 효과가 있는 트랩프(Kidgell, Horvath, Jackson & Seymour, 2007)를 이용한 훈련, 발목의 발란스를 체크하기 위해 사용되는 임상적인 방법으로 스타 익스커션(Star excursion) 테스트(Amelia, Carl, Tim, Arthur & Patrick, 2008; Mohammad, Hossein, Hossein & Soghrat, 2006), 다중 관절을 이용하여 신체 전반에 스트레스를 주는 스쿼트(Bressel, Willardson, Thompson & Fontana, 2009), 균형, 자세, 근력 및 민첩성에서 효과가 나타난 Bosu를 이용한 트레이닝(권보영, 2008)에서 보이는 것처럼 특정 기구를 통한 재활 훈련과 특별한 훈련 프로그램을 이용하는 것은 하지 관절의 부상을 줄여줄 수 있다고 많은 학자들이 보고하고 있다.

재활의 효과를 파악하는 것은 부상에 대한 예방적인 측면과 빠르고 안전한 조기복귀를 위해 반드시 필요하며, 단순한 정적 자세나 개방형 체인 사슬(Open kinetic chain)보다는 실제적으로 발생하는 기능적 동작(Functional movement)의 연결선상에서 분석이 이루어져야 한다고 생각된다.

많은 운동선수들은 부상을 극복하기 위해 그리고 완전한 회복 후의 복귀를 위해 재활 치료를 받고 있다. 하지만 부분적인 치료나 완벽하지 못한 상태에서 조기 복귀를 하여 더 큰 부상으로 이어져 종종 선수생활을 마감하는 경우도 발생하고 있는 만큼 재활 치료는 그 과정이 중요하다고 할 수 있다.

Yaggie와 Campbell(2006)은 4주간의 Bosu 발란스 훈련이 앞

뒤 안정성, 안정적인 시간, 셔틀런에서 효과를 보였다고 하였으나 반대로 4주의 신경근 훈련은 효과가 없었다고 보고하였다(Garrett & Brian, 2007). 또한 기능적 발목 불안정성 선수들에게 6주간의 근력과 고유수용감각 훈련은 등속성 근력 측정 시 아무런 효과가 없다고 하였다(Kaminski, Buckley, Powers, Hubbard & Ortiz, 2003). 반면, 발란스 보드를 이용한 8주간의 고유수용감각 훈련은 발목 염좌를 줄여줄 수 있을 것(Hupperets, Verhagen & Mechelen, 2008)이라고 제안했지만 여전히 재활 기간에 따른 효과에 대해 확실하게 밝혀지지 않은 실정이다. 일반적으로 2개월간의 재활 기간이 효과가 있다고는 하지만 실제로 재활 진행 과정에 따른 운동학적, 운동역학적 변화를 분석한 연구 또한 거의 없는 실정이다.

이에 본 연구는 FAI를 가진 대상자에게 선행연구에서 효과를 보인 기구와 운동을 가지고 8주간의 재활 훈련을 통해 드롭 랜딩 시 하지 관절에서 나타나는 변화를 알아보기 위해 재활전부터 4주 간격으로 분석하여 재활 훈련 기간에 따른 효과를 살펴보고 그 토대를 마련하고자 한다.

본 연구의 목적을 위하여 다음과 같은 연구가설을 설정하였다.

1. 불안정족은 정상족에 비해 발목 움직임의 크기가 작을 것이다.
2. 불안정족은 정상족에 비해 무릎과 엉덩 움직임에서 차이가 나타날 것이다.
3. 불안정족은 재활 기간에 따라 발목과 무릎 그리고 엉덩 관절에서의 움직임이 변화함으로써 운동역학적인 변화가 나타날 것이다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 실험에는 Y대학교에 재학 중인 38명의 운동선수들이 참여하였다. 이중 하지 관절 및 전신에 통증이 있고 부상이 있는 10명을 제외하였으며, 기능적 발목 불안정성 검사지를 이용하여 정상족 14명(나이 : 22.1 ± 1.35 year, 신장 : 182.46 ± 9.45 cm, 체중 : 88.63 ± 9.25 kg)과 불안정족 14명(나이 : 21.5 ± 1.35 year, 신장 : 184.45 ± 9.42 cm, 체중 : 92.85 ± 10.85 kg)을 선정하였다.

기능적 발목 불안정성 대상자들은 기능적 발목 불안정성 검사지에 4분항 이상을 선택한 자들로 선정하였다. 선정된 28명은 최근 6개월간 하지 관절에 어떠한 부상도 없는 자들이었으며, 현재 어떠한 통증도 없는 자들로 선정하였다. 이들 모두는 킥 시 오른발을 사용하는 오른발잡이였으며, 실험 전 실험에 대한 목적을 충분히 이해시키고 참가 동의서를 제출하게 하였다.

2. 실험방법

본 연구에서는 하지 관절의 부상이 많이 발생하는 드롭랜딩 시 정상족과 불안정족간 하지 관절의 차이점을 분석하였으며, 기능적 발목 불안정성에게만 8주간의 재활 트레이닝<Table 1> 후 하지 관절의 변화를 살펴보았다.

드롭랜딩의 높이는 45 cm 였으며, 모든 대상자는 동일한 제품의 운동화(FTY No. CLU 60001, Adidas)를 신게 하였고 스판 재질의 운동복을 착용하게 하였다.

실험에서 발생할 수 있는 부상을 예방하기 위해 약 15분간의 워밍업과 스트레칭을 실시하였으며, 약 5회의 성공적인 연습 드롭랜딩 후 실험에 참여하게 하였다.

드롭랜딩 시 하지 관절의 변화를 살펴보기 위해 상체와 팔의 움직임(양손을 양어깨에 교차)을 제한하였으며, 전 과정에서 양손이 떨어지지 않게 지시하였고 모든 착지 동작은 연성 착지(soft landing)로 실시하도록 하였다. 드롭랜딩은 성공적인 5회의 동작이 나올 때까지 실시하도록 하였다.

Table 1. Exercises program protocol

1-4week			
Exercise	set	Time/rep	
BOSU balance training	2	20sec	
Trampoline	2	20sec	
balance board training	2	20sec	
one leg squat balance training	2	10reps	
star excursion	2	4reps	
one leg calf raise	2	10reps	
5-8week			
Exercise	set	Time/rep	
BOSU balance training PRO	2	20sec	
Trampoline PRO	2	20sec	
balance board training PRO	2	20sec	
one leg squat balance training PRO	2	10reps	
star excursion PRO	2	4reps	
one leg calf raise PRO	2	10reps	

PRO : Progressive overload

3. 자료수집

영상자료의 수집을 위해 8대의 적외선 카메라(Vicon MX-F20, Oxford Metric Ltd, Oxford, UK)로 구성된 동작분석 시스템(Vicon Systems, Oxford Metrics Ltd, Oxford, UK)을 이용하였으며, 드롭랜딩 시 발생하는 지면반력을 측정하기 위해 1대의 지면반력기(ORG-6, AMTI, Watertown, MA)를 사용하였다. 영상 데이터는 200 Hz로, 지면반력 데이터는 2000 Hz로 수집하였다.

실험 전 모든 대상자들은 캘리퍼를 이용해 무릎과 발목의 너비를 측정하였으며, 줄자를 이용해 다리의 길이를 측정하였다.

하지 관절의 3차원적 데이터를 수집하기 위해 Vicon사의 Plug In Gait Full Body marker set을 이용하였으며, 14 mm 구형 반사마커는 <Figure 1>과 같은 해부학적 경계점에 부착하였다.

수집된 지면반력 데이터는 원자료(raw data)를 사용하였고, LabVIEW 6.1버전을 이용하여 변인들을 계산하였다.

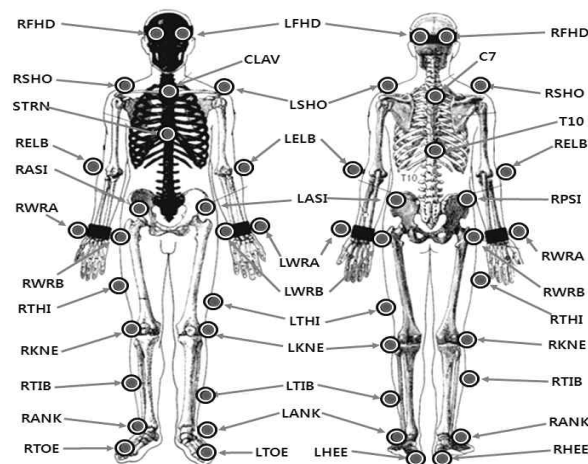


Figure 1. Anatomical attachment

4. 변인계산

본 실험에서의 분석 구간은 다음과 같이 설정하였다.

- 1) 착지 순간(IC : Initial Contact) : 착지 시 발이 지면에 닿는 순간
- 2) 최대 무릎 굴곡(AMKF : At Maximum Knee Flexion) : 착지순간 이후 무릎의 시상면적 최대 굴곡이 발생하는 순간

운동학적(kinematics)인 분석으로는 발목과 무릎 그리고 엉덩관절의 3차원적 움직임 중 시상면(sagittal plane)과 관상면(frontal plane)에서의 움직임을 분석하였다(Table 2).

Table 2. Lower extremity movement

No	movement	direction
1)	ankle plantar flexion	-
2)	ankle dorsi flexion	+
3)	knee flexion	+
4)	hip flexion	+
5)	ankle eversion	-
6)	ankle inversion	+
7)	knee valgus	-
8)	knee varus	+
9)	hip abduction	-
10)	hip adduction	+

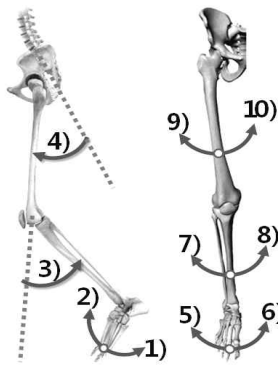


Figure 2. Movement

착지 시 발생하는 지면반력은 각 대상자들의 몸무게(weight)로 나누어 일반화(normalization)하였으며, 운동역학적(kinetics)적인 분석으로는 다음과 같다.

- 1) 최대 수직지면반력(Peak VGRF) : 최대 수직지면반력을 각 대상자들의 몸무게로 나눈 값
- 2) 부하율(loading rate) : 최대 수직지면반력을 최대 수직지면반력이 발생된 시간으로 나눈 값
- 3) COP(center of pressure) : COP의 크기를 통해 자세 안정성을 판단하는 지표로써 COP X와 COP Y를 구하는 공식은 다음과 같고(Micheall, Ross, Blackburn, Hirth & Guskiewicz, 2006), COP 값의 크기가 클수록 좌우(COP X), 전후(COP Y) 방향의 불안정성이 큰 것을 의미함

$$cop\ X = \frac{\sum_{t=0}^T |COP_{X,t} - COP_{X,mean}|}{T}$$

$$cop\ Y = \frac{\sum_{t=0}^T |COP_{Y,t} - COP_{Y,mean}|}{T}$$

- 4) 파워(Power) : 드롭랜딩 시 발생하는 각 관절의 모멘트와 각 속도를 곱한 값(Yeow, Lee & Goh, 2009)으로써 양(positive)의 값은 발현 파워(generation power)이고 음(negative)의 값은 충격흡수 파워(absorption power)를 의미함

본 연구에서는 음의 값인 충격흡수파워를 분석하였다.

5. 통계처리

본 실험의 결과를 처리하기 위해 SPSS 17.0버전을 사용하였고, 두 그룹 간 운동학적, 운동역학적 차이를 확인하기 위해 독립표본 t-test를 이용하였으며, 기능적 발목 불안정족의 재활 기간에 따른 하지 관절의 운동학적, 운동역학적 변인분석을 검증

하기 위해 반복측정 일원변량 분석을 실시하였다. 사후검증은 LSD를 이용하였고 통계적 유의수준은 $p < .05$ 로 설정 하였다.

III. 연구 결과

본 연구에서는 두 그룹 간의 차이점들을 살펴보았으며, 재활 과정에 따라 기능적 발목 불안정족 그룹에게 어떠한 변화가 나타났는지에 대해 살펴보았다.

1. 운동학적 변인 결과

1) 발목

<Table 3>은 정상족과 불안정족 간의 발목 각도와 Full ROM(발목의 족저굴곡으로부터 배측굴곡까지의 전체 움직임)을 나타낸 것이다. 시상면에서의 움직임을 살펴본 결과 불안정족은 정상족에 비해 착지 순간 시점에서 족저굴곡각이 작은 경향이 나타났으나 통계적인 차이는 나타나지 않았고($p > .05$), 최대 무릎 굴곡 시점에서는 배측굴곡각이 작은 것으로 나타났으며($p < .01$), 전체의 ROM 또한 작은 것으로 나타났다($p < .01$).

관상면에서의 움직임을 살펴본 결과 불안정족은 정상족에 비해 착지 순간 시점에서는 내번각이 크고($p < .05$), 최대 무릎 굴곡 시점에서는 내번각이 작은 것으로 나타났다($p < .05$).

<Table 4>는 불안정족의 재활 과정에 따른 발목 관절의 변화를 나타낸 것이다. 재활 과정에 따른 시상면에서의 변화를 살펴본 결과 착지 순간 시점에서의 족저굴곡각은 점차 증가하는 경향으로 나타났으나 통계적인 차이는 나타나지 않았으며($p > .05$), 최대 무릎 굴곡 시점에서의 배측굴곡각은 증가하는 것으로 나타났다($p < .01$). 사후검증 결과 재활 2개월이 재활전과 재활 1개월보다 높아진 것으로 나타났다. Full ROM 또한 증가하였으며($p < .05$), 사후검증 결과 재활 2개월이 재활전보다 높아진 것으로 나타났다.

관상면에서의 변화를 살펴본 결과 내번각에서는 통계적인 차이가 나타나지 않았다($p > .05$)

Table 3. Ankle angle & ROM

		(unit: deg)	
		Normal	FAI
		Mean(SD)	Mean(SD)
IC	plantar flexion	-19.75(3.53)	-17.09(5.24)
	inversion(+)/eversion(-)	-0.93(1.62)*	1.21(3.04)*
AM KF	dorsiflexion	28.50(3.90)**	23.18(4.18)**
	inversion(+)/eversion(-)	7.18(2.47)*	5.18(2.07)*
Full ROM		48.25(6.35)**	40.27(6.25)**

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

IC : Initial Contact, AMKF : At Maximum Knee Flexion,

Full ROM: Plantarflexion + Dorsiflexion

Table 4. The changes of Ankle joint motion

		I. pre-rehab	II. after 1 month	III. after 2 month	F	p	LSD
		Mean(SD)	Mean(SD)	Mean(SD)			
IC	plantarflexion	-17.09(5.24)	-17.40(5.00)	-18.04(3.00)	.202	.818	
	inversion(+)/ eversion(-)	1.21(3.04)	1.49(1.97)	.58(1.05)	.590	.561	
AMKF	dorsiflexion	23.18(4.18)	25.27(5.30)	28.70(4.16)	5.758	.009**	I < III, II < III
	inversion(+)/ eversion(-)	5.18(2.07)	5.75(2.83)	6.16(1.93)	1.322	.284	
sagittal Full ROM		40.27(6.25)	42.67(7.78)	46.74(4.44)	4.091	.029*	I < III

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

IC : Initial Contact, AMKF : At Maximum Knee Flexion, Full ROM: Plantarflexion + Dorsiflexion

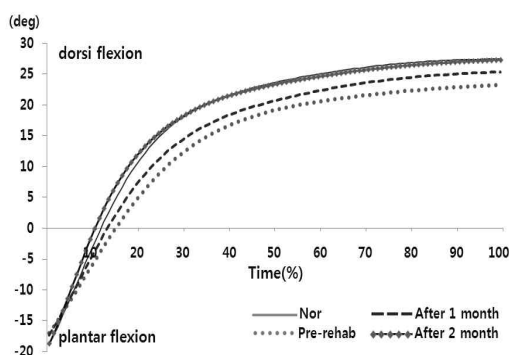


Figure 3. Ankle dorsiflexion/plantar flexion angle

2) 무릎 및 엉덩 관절

<Table 5>는 정상족과 불안정족 간의 무릎과 엉덩 관절의 움직임을 나타낸 것이다. 두 그룹 간 무릎 굴곡각도를 살펴본 결과 착지 순간 시점에서는 차이가 나타나지 않았으나($p > .05$), 불안정족은 정상족에 비해 최대 무릎 굴곡각이 작은 것으로 나타났다($p < .001$).

엉덩 굴곡각도를 살펴본 결과 불안정족은 정상족에 비해 착지 순간 시점에서의 엉덩 굴곡각이 컸고($p < .01$), 최대 무릎 굴곡 시점에서는 작은 경향이 나타났으나 통계적인 차이는 나타나지 않았다($p > .05$).

Table 5. Knee & Hip angle

		Normal	FAI
		Mean(SD)	Mean(SD)
knee flexion	IC	13.03(3.32)	14.08(5.73)
	AMKF	77.36(3.44)**	63.88(7.71)**
hip flexion	IC	15.98(4.57)**	24.01(8.19)**
	AMKF	57.82(8.10)	50.24(12.58)

** $p < .01$, *** $p < .001$,

IC : Initial Contact, AMKF : At Maximum Knee Flexion

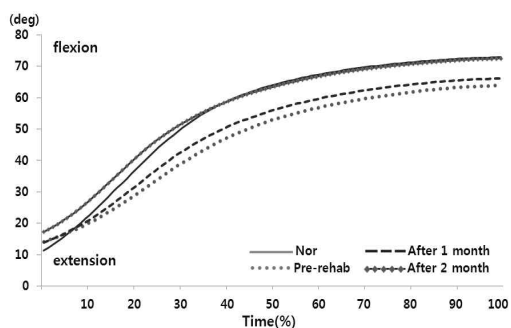


Figure 4. Knee flexion/extension angle

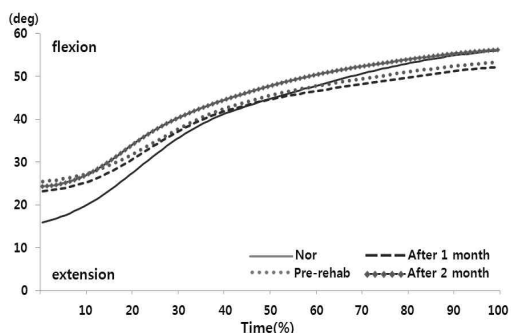


Figure 5. Hip flexion/extension angle

<Table 6>은 불안정족의 재활 과정에 따른 무릎과 엉덩 관절의 변화를 나타낸 것이다. 재활 과정에 따른 무릎 굴곡각의 변화를 살펴본 결과 착지순간 시점에서는 재활 1개월에서 감소한 후 재활 2개월에서 증가한 것으로 나타났으며($p < .05$), 최대 무릎 굴곡 시점에서는 재활 과정에 따라 점차 증가한 것으로 나타났다($p < .05$). 사후검증 결과 두 시점 모두 재활 2개월이 재활 전과 재활 1개월보다 높은 것으로 나타났다.

재활 과정에 따른 엉덩 관절의 굴곡각을 살펴본 결과 통계적인 차이는 나타나지 않았다($p > .05$)

Table 6. The changes of Knee, Hip joint angle

(unit: deg)

		I. pre-rehab	II. after 1 month	III. after 2 month	F	p	LSD
		Mean(SD)	Mean(SD)	Mean(SD)			
knee flexion	IC	14.08(5.73)	13.83(3.57)	17.62(3.39)	4.344	.024*	I < III, II < III
	AMKF	63.88(7.71)	65.99(8.13)	70.94(6.57)	4.555	.020*	I < III, II < III
hip flexion	IC	24.01(8.19)	21.90(8.25)	24.68(6.98)	.558	.579	
	AMKF	50.24(12.58)	49.22(12.41)	57.05(7.91)	2.437	.107	

* $p < .05$, IC : Initial Contact, AMKF : At Maximum Knee Flexion

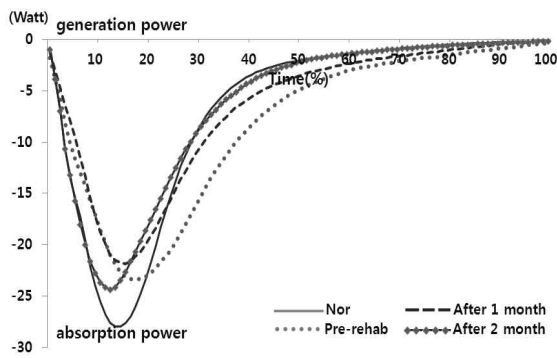


Figure 6. Ankle absorption power

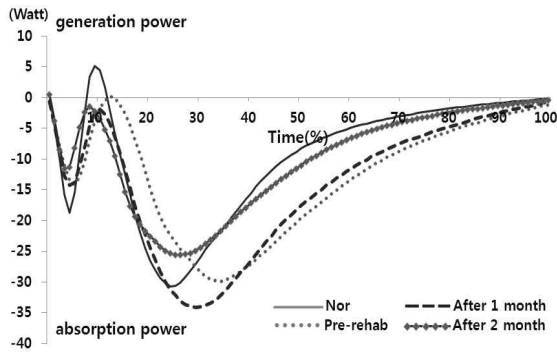


Figure 7. Knee absorption power

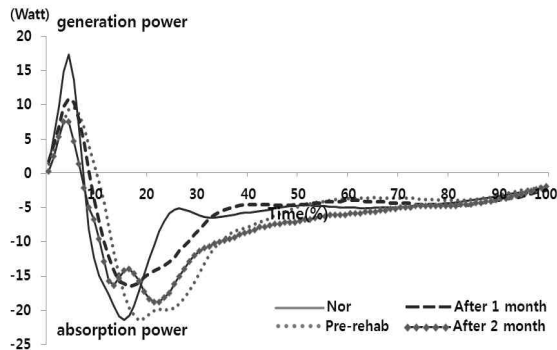


Figure 8. Hip absorption power

2. 운동역학적 변인 결과

1) 지면반력 및 부하율

<Table 7>은 두 그룹 간 지면반력(VGRF)과 부하율(loading rate)을 나타낸 것이다. 착지 동작 중 수직지면반력은 불안정족이 정상족에 비해 큰 것으로 나타났으며($p < .05$), 부하율 또한 큰 것으로 나타났다($p < .05$).

Table 7. VGRF & loading rate during landing

	ankle type	Mean	SD	t	p
vertical GRF (BW)	Nor	4.71	.33	-2.224	.035*
	FAI	5.27	.89		
loading rate (N/BW/s)	Nor	121.53	29.99	-2.559	.017*
	FAI	151.86	32.68		

* $p < .05$

Nor : Normal, FAI : Functional Ankle Instability

<Table 8>은 불안정족의 재활 과정에 따른 지면반력과 부하율의 변화를 나타낸 것이다. 재활 과정에 따른 최대 수직지면반력과 부하율의 크기는 점차 감소하는 경향이 나타났으나 통계적인 차이는 나타나지 않았다($p > .05$).

Table 8. The changes of VGRF & loading rate

	I. pre-rehab	II. after 1 month	III. after 2 month	F	p
	Mean(SD)	Mean(SD)	Mean(SD)		
vertical GRF (BW)	5.27 (.89)	4.91 (.46)	4.70 (.49)	3.176	.058
loading rate (N/BW/s)	151.86 (32.68)	138.94 (27.78)	126.89 (30.56)	2.050	.149

2) 충격흡수 파워

<Table 9>는 두 그룹 간 충격흡수 파워를 나타낸 것이다. 두 그룹 간의 발목과 무릎 그리고 엉덩 관절의 충격흡수 파워를 살펴본 결과 불안정족은 정상족에 비해 발목은 작고($p < .05$), 무릎과 엉덩 관절에서는 통계적인 차이가 나타나지 않았다($p > .05$).

Table 9. Absorption Power (unit: Watt)

joint	ankle type	Mean	SD	t	p
ankle	Nor	-28.22	5.97	-2.382	.025*
	FAI	-23.34	4.80		
knee	Nor	-32.27	4.22	-0.722	.477
	FAI	-31.12	4.15		
hip	Nor	-23.81	7.76	.040	.968
	FAI	-23.92	5.85		

* $p < .05$

Nor : Normal, FAI : Functional Ankle Instability

Table 10. The changes of Absorption Power (unit: Watt)

joint	I pre-rehab	II after 1month	III after 2month	F	p	LSD
	Mean(SD)	Mean(SD)	Mean(SD)			
ankle	-23.34 (4.80)	-21.44 (4.22)	-25.40 (3.54)	2.373	.113	
knee	-31.12 (4.22)	-34.71 (5.59)	-26.91 (5.18)	4.848	.016*	II>III
hip	-23.92 (5.85)	-17.40 (5.28)	-20.16 (3.55)	3.772	.036*	I>II

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

<Table 10>은 불안정족의 재활 과정에 따른 충격흡수 파워의 변화를 나타낸 것이다. 발목 관절의 충격흡수 파워는 재활 1개월에서 감소한 후 재활 2개월에서 증가하는 경향이 나타났으나 통계적인 차이는 나타나지 않았다($p > .05$). 무릎 관절의 충격흡수 파워는 재활 1개월에서 높아진 후 재활 2개월에서 재활전보다 감소한 것으로 나타났다($p < .05$). 사후검증 결과 재활 1개월이 재활 2개월보다 높은 것으로 나타났다. 엉덩 관절의 충격흡수 파워는 재활 1개월에서 감소한 후 재활 2개월에서는 재활전보다는 작고 재활 1개월보다는 큰 것으로 나타났다($p < .05$).

3) COP

<Table 11>은 두 그룹 간 COP의 차이점을 나타낸 것이다. 불안정족은 COP X(전-후의 움직임)값이 높은 것으로 나타났으나($p < .05$), COP Y(좌-우의 움직임)값은 차이가 나타나지 않았다($p > .05$).

Table 11. COP X, Y

	ankle type	Mean	SD	t	p
COP X	Nor	32.36	6.20	-2.479	.020*
	FAI	38.43	6.74		
COP Y	Nor	8.83	3.28	.796	.433
	FAI	7.87	3.08		

* $p < .05$,

Nor : Normal, FAI : Functional Ankle Instability

Table 12. The changes of COP X, Y

	I pre-rehab	II after 1month	III after 2month	F	p	LSD
	Mean(SD)	Mean(SD)	Mean(SD)			
COP X	38.43 (6.74)	33.78 (3.67)	32.10 (5.21)	4.853	.016*	I>II, I>III
COP Y	7.87 (3.08)	4.63 (1.08)	7.10 (2.50)	4.230	.026*	I>II, II<III

* $p < .05$

<Table 12>는 불안정족의 재활 과정에 따른 COP의 변화를 나타낸 것이다. COP X는 재활 과정에 따라 점차 감소하였고($p < .05$), 사후검증 결과 재활전이 재활 1개월과 재활 2개월보다 높은 것으로 나타났다. 사후검증 결과 재활 1개월과 재활 2개월이 재활전보다 작은 것으로 나타났다.

IV. 논 의

많은 선행연구에서 불안정족은 정상족과 다른 착지 패턴을 보인다고 하였다(Caulfield & Garrett, 2002; Delahunt, Monaghan & Caulfield, 2006; Duncan & McDonagh, 1997; Tabrizi, McIntyre, Quensel & Howard, 2000).

기능적 발목 불안정성 운동선수들은 착지 순간 시점에서 잘못된 위치정보로 인해 발목의 염좌를 당하기 쉽다고 하였으며(Konradsen, 2002), 착지 과정 동안 발목의 움직임을 제한하려는 경향이 있다고 하였다(Delahunt et al., 2006). 이것은 착지 중 발생할 수 있는 발목 염좌를 방지하기 위한 방법으로 생각할 수 있는데, 인체는 연결된 고리(kinetic chain)로써 한 관절에서 움직임이 제한될 경우에는 다른 관절에서 보상작용이 나타나게 된다(Power, 2003; Fry, Smith & Schilling, 2003). 따라서 발목 관절의 움직임을 제한시키게 되면 다른 관절인 무릎과 엉덩 관절에 영향을 미칠 수 있게 되므로 착지 시 COP와 수직지면반력(VGRF), 부하율/loading rate)등에 변화가 일어날 수 있다. 또한 착지 동작 중 발생하는 충격을 흡수하기 위한 충격흡수 파워(absorption power) 기전에도 변화가 일어날 수 있기 때문에 운동학적 변인들과 함께 운동역학적인 변인들로서 COP와 지면반력, 부하율, 충격흡수 파워 등의 변화를 살펴보아야 할 것이다. 따라서 본 연구에서는 두 그룹간의 차이점과 불안정족의 재활 과정에 따른 운동학적, 운동역학적 변화 등을 살펴보고자 하였다.

발목의 움직임을 살펴본 결과 정상족은 착지 순간 시점에서 족저굴곡과 함께 외번되어진 상태로 착지하는 반면, 불안정족은 족저굴곡과 함께 내번되어진 상태로 착지하는 즉, 발목의

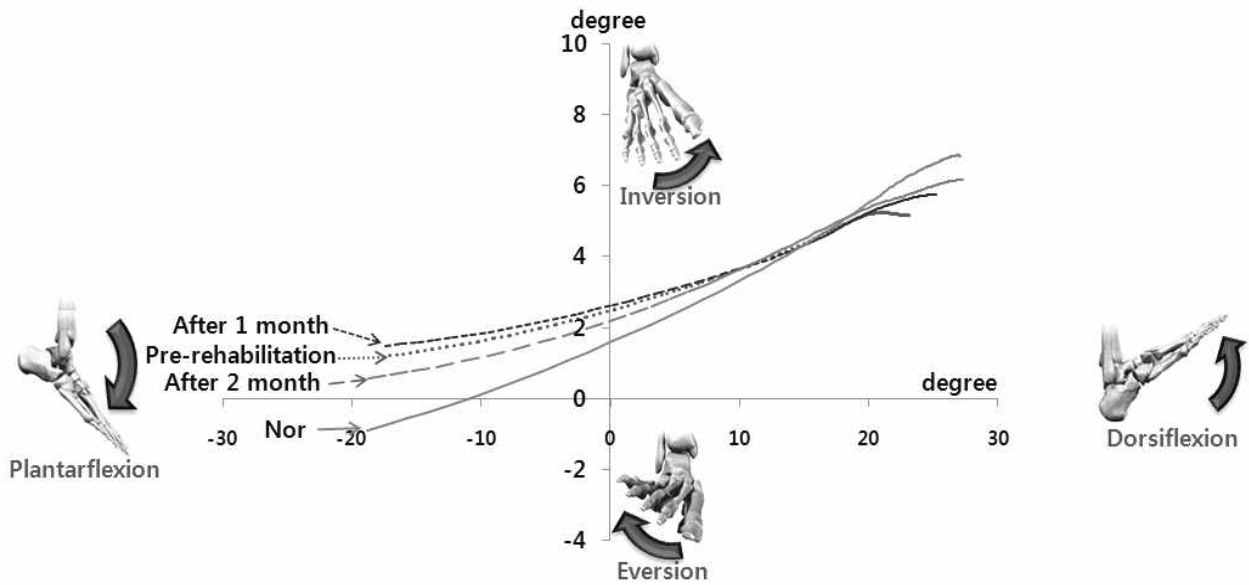


Figure 9. Ankle angle to angle

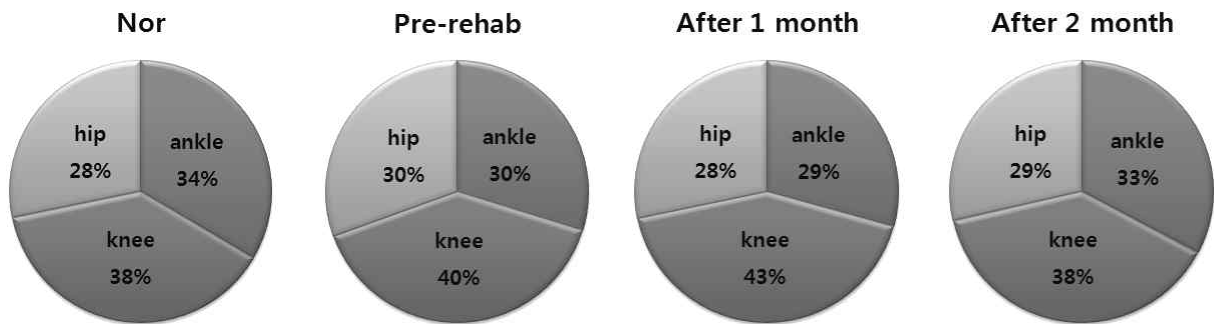


Figure 10. % Absorption power

외측부인대 염좌(ankle lateral ligament sprain)가 가장 많이 발생하는 착지 패턴(Safran, Benedetti, Bartolozzi & Mandelbaum, 1999)을 보여주었다(Figure 9).

착지를 하는 동안 배측굴곡각의 증가는 발목 관절의 잠김현상(locking)에 의해 안정성을 증가시키며, 전거비인대(ATFL : anterior talofibular ligament)의 손상을 막아주게 된다(Caulfield & Garrett, 2002).

불안정족은 족저굴곡과 배측굴곡을 제한하였으며($p < .05$), 전체의 ROM이 감소되었다고 보고한 Delahunt et al., (2006)의 결과와 일치하는 것이다.

Duncan과 McDonagh(1997)는 EMG를 이용한 드롭랜딩 연구에서 정상족은 발목을 컨트롤 해주는 근육들이 지면에 닿기 전부터 활성화가 된다고 보고하였다. 반면 Delahunt et al., (2006)은 불안정족의 경우에는 착지 순간 시점에서 비골근(peroneus muscle)의 활성화가 유의하게 낮다고 보고하였다.

이처럼 불안정족은 부상을 당할 수 있는 요소들을 가지고 있었으나 재활 2개월 후에는 운동 프로그램(proprioceptive exercises program)을 통해 고유수용감각 능력이 향상됨으로써 점차 착지 순간 시점에서의 변화가 나타난 것으로 보인다(Figure 9). 또한 ROM은 재활 과정에 따라 점차 증가하였으며, 재활 2개월에서는 정상족과 비슷한 수준이 되었음을 확인할 수 있었고, 발목의 기능이 점차 회복되어 트레이닝의 효과가 있었음을 알 수 있었다.

착지 동작 시 무릎 굴곡각의 증가는 급성 전방십자인대의 부상을 감소시켜줄 수 있으며, 여성의 경우 남성에 비해 착지 시 무릎 굴곡각이 작기 때문에 전방십자인대 부상률이 높다고 하였는데(Thomas, Michael & Mark, 2008), 본 연구의 결과 불안정족은 최대 무릎 굴곡각이 유의하게 작은 것으로 나타났다. 이것은 기능적 발목 불안정성은 무릎의 굴곡각에도 영향을 미칠 뿐만 아니라 무릎 부상에도 영향을 미칠 수도 있음을 의미하는 것이다.

엉덩 관절의 경우 선행연구가 거의 없어 비교하기는 어려우나 발목 관절 전략 대신 중심을 잡기 위한 방법으로 엉덩 관절 전략(hip strategy)을 사용할 수도 있다고 보고하였다(Wilson, Madigan, Davidson & Nussbaum, 2006). 본 연구에서는 착지 순간 시점에서 불안정족의 경우 엉덩 관절의 굴곡각이 큰 것으로 나타났다. 이러한 결과가 의미하는 것은 착지 순간 시점에서 불안정족은 불안한 발목 관절의 움직임을 제어하기 위해 엉덩 관절을 많이 사용했다는 것을 의미하는 것으로 생각된다. 이처럼 불안정족은 발목뿐만 아니라 무릎과 엉덩 관절에서도 변화가 있었다는 것을 보여주는 것이다.

불안정족은 재활 전 정상족에 비해 발목과 더불어 무릎, 엉덩 관절의 움직임을 효과적으로 사용하지 못하였으나 재활 과정에 따라 점차 움직임이 증가하는 것으로 나타났다. 특히, 진행 과정에 따라 무릎 굴곡각도가 증가하였다는 것은 재활 훈련이 발목뿐만 아니라 무릎의 운동 기능 또한 향상시켜줌으로써 무릎의 부상도 예방할 수 있다는 것을 의미하며, 그 효과가 있다는 선행연구들(Tropp, Asklings & Gillquist, 1985; Caraffa, Cerulli, Progetti, Aisa & Rizzo, 1996; Hewett, Stroupe, Nance & Noyes, 1996; Mandelbaum, Silvers, Watanabe, Knarr, Thomas, Griffin, Kirkendall & Garrett, 2005)과 일치하는 것이다. 또한 재활 2개월 후 정상족과 비슷한 수준으로 발전된 것을 알 수 있었다.

지금까지의 운동학적 변인들을 살펴본 결과 불안정족은 착지 동작 동안 각 관절의 운동범위를 제한한 것으로 나타났는데, 이것은 착지 중 발생하는 지면반력을 효과적으로 흡수하지 못했다는 것을 의미하는 것이며, 신체에 전달되어지는 충격과 밀접한 관련이 있다는 것으로써, 이는 곧 부상의 직접적, 간접적인 원인이 되는 것으로 판단된다.

또한 각 관절의 운동범위는 충격량과 늘림, 전단력과 같은 힘으로 관련되어져 있기 때문에(McCaw & Cerullo, 1999), 운동역학적인 변인들을 살펴볼 필요가 있다.

본 연구에서는 불안정족은 발목과 무릎 그리고 엉덩 관절에서의 움직임이 제한되어 착지 중 충분한 충격흡수 동작이 나타나지 못했다. 또한 발목과 무릎 그리고 엉덩 관절의 움직임이 크게 발생되지 않아 수직지면반력이 증가하였으며, 충격을 흡수하기 위한 동작을 크게 하지 못함으로써 그 시점이 빠르게 나타나게 되어 부하율 역시 높은 것으로 나타났다. 부하율이 높다는 것은 부상과 밀접한 관련이 있기 때문에 불안정족은 갑작스런 부상뿐만 아니라 과사용성 부상(overuse injury)으로도 발전할 수도 있다는 것을 보여준 것이라고 할 수 있겠다.

재활 과정에 따른 그 효과로써 발목과 무릎, 엉덩 관절의 움직임이 증가하여 최대 수직지면반력과 부하율이 점차 감소하는

것으로 나타났으며, 재활 2개월에서는 최대 수직지면반력과 부하율 모두 정상족과 비슷한 수준으로 발전한 것을 알 수 있었다.

착지 중 인체는 지면반력에 의해 충격을 받게 되며, 큰 충격을 하지 않을 경우 주저앉게 되는데, 이때 충격을 흡수하기 위해 발목과 무릎, 엉덩 관절을 굴곡시켜 그 속도를 줄여주기 위한 동작을 실시하게 된다.

본 연구의 결과 기능적 발목 불안정족은 발목의 기능저하에 의해 착지 시 발목 관절에서의 충격흡수 파워가 작은 것으로 나타났는데, 본 연구에서는 착지 시 발목과 무릎 그리고 엉덩 관절에서 사용된 충격흡수 파워의 비율을 살펴보기 위해 전체 관절의 충격흡수 파워의 합으로 나누어 백분율로 살펴보았다(Figure 10).

운동학적 측면에서 불안정족은 각 관절에서의 움직임을 효과적으로 사용하지 못한 것으로 나타났고 발목의 기능이 저하가 되어 착지 시 발목에서의 충격흡수 비율이 낮은 것으로 나타났다.

이러한 이유로 인해 무릎과 엉덩 관절에서의 충격흡수 파워가 상대적으로 높게 나타난 것으로 판단되어진다.

재활 2개월 후에는 발목 관절의 기능이 향상됨에 따라 점차 무릎과 엉덩 관절까지도 그 기능이 향상되어 충격흡수를 효율적으로 할 수 있었다는 것을 알 수 있었다.

불안정족은 착지 중 발목의 내번 동작 시 부상을 당할 수 있어 중심을 잡는 동작이 좌우가 아닌 앞뒤로의 동작을 더 사용하여 COP X가 컸으나, 재활 과정에 따라 점차 줄어들어 재활 2개월에서는 정상족에 가까워진 것을 알 수가 있었다.

COP Y는 두 그룹간의 차이는 없었으나 재활 1개월에서 감소한 후 재활 2개월에서는 다시 증가한 것으로 나타났다.

재활 과정에 따른 COP X와 Y의 변화들이 보여주는 것은 중심을 잡기 위한 전략적인 방법을 변화시키며 사용했다는 것을 보여준 것이라고 할 수 있겠다.

지금까지의 결과들을 살펴보면 두 그룹간의 차이와 재활 과정에 따른 변화가 있었다는 것을 알 수 있었으며, 특히 재활 과정에 따라 점차 발목 기능이 향상되어 무릎과 엉덩 관절에서도 운동학적, 운동역학적인 변화가 있었다는 것을 알 수가 있었다. 하지만 지금까지의 여러 가지 변인들을 구체적으로 살펴보면 기능적 발목 불안정성 선수들에게 1개월간의 재활 기간은 다소 부족한 것으로 판단되며, 2개월 후에는 두 그룹간의 차이가 거의 나타나지 않은 만큼 최소 2개월간의 기간이 필요할 것으로 사료된다.

기능적 발목 불안정성 대상자들에게 나타나는 고유수용감각의 저하는 재부상을 유발시킬 수 있는 만큼 2개월간의 고유수용운동 프로그램은 기능향상에 도움을 줌으로써 완벽한 회복을 위해 필요한 방법으로 생각할 수 있겠다.

V. 결론 및 제언

본 연구에서는 착지 동작을 하는 동안 정상족과 기능적 발목 불안정족이 어떠한 차이점이 있는지와 재활 과정에 따라 어떠한 변화가 있는지에 대해 알아보았다.

본 연구 결과로 나타난 결론은 다음과 같다.

- 1) 불안정족은 착지 순간 시점에서 발목은 족저굴곡과 함께 내번되어진 상태에서 착지를 하였다.
- 2) 불안정족은 정상족에 비해 발목 움직임의 크기가 작았다.
- 3) 불안정족은 정상족에 비해 발목뿐만 아니라 무릎, 엉덩관절의 움직임을 잘 사용하지 못하였다.
- 4) 불안정족은 정상족에 비해 발목과 무릎, 엉덩관절의 움직임을 잘 사용하지 못해 착지 시 최대 수직지면반력과 부하율이 높았다.
- 5) 불안정족은 착지 시 발목 움직임의 저하로 인해 충격흡수를 무릎과 엉덩관절에서 상대적으로 높게 하였다.
- 6) 불안정족은 착지 동작 중 중심을 잡기 위해 좌-우가 아닌 앞-뒤 동작을 사용하였다.

이러한 원인으로 인해 불안정족은 착지 동작 시 발목 부상뿐 아니라 하지 관절에 부상 발생률이 높을 것으로 생각되며, 재활 과정에 따라 다음과 같은 변화가 나타났다.

- 1) 재활 과정에 따라 착지 패턴이 족저굴곡과 내번 동작에서 점차 외번 동작으로 바뀌어졌다. 즉 정상족에 가까워지는 착지 패턴을 보였다.
- 2) 재활 과정에 따라 발목의 움직임을 잘 사용하였다.
- 3) 재활 과정에 따라 발목뿐만 아니라 무릎과 엉덩관절의 움직임을 잘 사용하였다.
- 4) 재활 과정에 따라 발목과 무릎 그리고 엉덩관절의 움직임을 잘 사용하여 착지 시 최대 수직지면반력과 부하율이 작아졌다.
- 5) 재활 과정에 따라 착지 시 발목 움직임을 잘 사용하여 충격흡수 시 정상족과 같은 패턴으로 충격을 흡수하였다.
- 6) 재활 과정에 따라 착지 동작 시 COP X와 Y값이 정상족에 가까워진 패턴을 보였다.

위의 결과들을 종합하여 보면 정상족에 비해 불안정성 운동선수들은 착지 동작에서 발목이 부상당할 확률이 높았다는 것을 알 수 있었다. 또한 2개월간의 고유수용성 운동 재활 프로그램을 받은 결과 발목과 무릎 그리고 엉덩관절에서의 움직임이 운동학적, 운동역학적으로 정상족과 비슷한 수준으로 향상되었다는 것을 알 수 있었다.

추후 연구로는 기능적 발목불안정성 대상자들의 착지 동작

동안 하퇴 관절의 근 활성도를 EMG를 통해 분석하여 부상에 대한 예방의 관점에서 접근이 필요할 것으로 보인다. 또한 기능적 발목불안정성 대상자들의 복귀 시점을 이야기 할 때, 그 기준으로 각 스포츠 동작에 맞는 동적인 측정을 포함되어져야 할 것이다.

참고문헌

- 권보영(2008). 공기압을 이용한 코어 안정성·운동성 훈련 프로그램이 리듬체조 선수의 운동역학적 균형, 자세, 근력 및 민첩성에 미치는 효과. 미간행 박사학위 논문. 이화여자대학교 대학원.
- Amelia, R. S., Carl, G. M., Tim, L. U., Arthur, J. N., & Patrick, O. M.(2008). Effect of foot orthotics on single-and double-limb dynamic balance tasks in patients with chronic ankle instability. *Foot & Ankle Specialist*, 1, 330-337.
- Brown, C., Padua, D., Marshall, S. W., & Guskiewicz, K.(2008). Individuals with mechanical ankle instability exhibit different motion patterns than those with functional ankle instability and ankle sprain copers. *Clinical Biomechanics*, 23, 822-831.
- Bressel, E., Willardson, J. M., Thompson, B., & Fontana, F. E.(2009). Effect of instruction, surface stability, and load intensity on trunk muscle activity. *Journal of Electromyography Kinesiology*, 19(6), e500-504.
- Caulfield, B. M., & Garrett, M.(2002). Functional instability of the ankle : differences in patterns of ankle and knee movement prior to and post landing in a single leg jump. *International Journal of Sports Medicine*, 23(1), 64-68.
- Caraffa, A., Cerulli, G., Progetti, M., Aisa, G., & Rizzo, A.(1996). Prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer. A prospective controlled study of proprioceptive training. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy: Official Journal of the ESSKA*, 4(1), 19-21.
- Delahunt, E., Monaghan, K., & Caulfield, B.(2006). Changes in lower limb kinematics, kinetics and muscle activity in subjects with functional ankle instability of the ankle joint during a single leg drop jump. *Journal of Orthopedic Research*, 24, 1991-2000.
- Duncan, A., & McDonagh, M. J. N.(1997). The role of short

- latency spinal stretch reflexes in human lower leg muscles when landing from a jump. *The Journal of Physiology*, 501, 42-43.
- Emin, E., & Bulent, U.(2008). Proprioception and Ankle Injuries in Soccer. *Clinical Sports Medicine*, 27, 195-217.
- Fried, T., & Lloyd, G. J.(1992). An overview of common soccer injuries-management and prevention. *Sports Medicine*, 14(4), 269-275.
- Fry, A. C., Smith, J. C., & Schilling, B. K.(2003). Effect of knee position on hip and knee torques during the barbell squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 629-633.
- Garrett, C., & Brian, C.(2007). A 4-week neuromuscular training program and gait patterns at the ankle joint. *Journal of Athletic Training*, 42(1), 51-59.
- Gerber, J. P., Williams, G. N., Scoville, C. R., Arciero, R. A., & Taylor, D. C.(1998). Persistent disability associated with ankle sprains: a prospective examination of an athletic population. *Foot and Ankle International*, 19, 53-660.
- Hewett, T., Stroupe, A., Nance, T., & Noyes, F.(1996). Plyometrics training in female athletes. Decreased impact forces and increased hamstring torques. *American Journal of Medicine*, 24(6), 765-773.
- Hertel, J.(2000). Functional instability following lateral ankle sprain. *Sports Medicine*, 29, 361-371.
- Holmer, P., Sondergaard, K., Konradsen, L., Nielsen, T., & Jorgensen, L.(1994). Epidemiology of sprains in the lateral ankle and foot. *Foot and Ankle International*, 15, 72-74.
- 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.
- Hupperets, M. D. W., Verhagen, E. A., & Mechelen, W. V.(2008). The 2BFit study: is an unsupervised proprioceptive balance board training programme, given in addition to usual care, effective in preventing ankle sprain recurrences? Design of a randomized controlled trial. *Musculoskeletal Disorders*, 9, 1-10.
- Kaminski, T. W., Buckley, B. D., Powers, M. E., Hubbard, T. J., & Ortiz, C.(2003). Effect of strength and proprioception training on eversion to inversion strength ratios in subjects with unilateral functional ankle instability. *British Journal of Sports Medicine*, 37, 410-415.
- Kidgell, D. J., Horvath, D. M., Jackson, B. M., & Seymour, P. J.(2007). Effect of six weeks of dura disc and mini-trampoline balance training on postural sway in athletes with functional ankle instability. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 466-469.
- Konradsen, L.(2002). Sensori-motor control of the uninjured and injured human ankle. *Journal of Electromyogr Kinesiology*, 12, 199-203.
- Mandelbaum, B. R., Silvers, H. V., Watanabe, D. S., Knarr, J. F., Thomas, S. D., Griffin, L. Y., Kirkendall, D. T., & Garrett, W. J.(2005). Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes:2-years follow up. *American Journal of Sports Medicine*, 33(7), 1003-1010.
- McCaw, S. T., & Cerullo, J. F.(1999). Prophylactic ankle stabilizers affect ankle joint kinematics during drop landings. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31(5), 702-707.
- McHugh, M. P., Tyler, T. F., Tetro, D. T., Mullaney, M. J., & Nicholas, S. J.(2006). Risk factors for noncontact ankle sprains in high school athletes: the role of hip strength and balance ability. *The American Journal of Sports Medicine*, 34, 464-470.
- Micheall, T. B., Ross, S. E., Blackburn, J. T., Hirth, C. J., & Guskiewicz, K. M.(2006). Functional balance training, with or without exercise sandals, for subjects with stable or unstable ankles. *Journal of Athletic Training*, 41(4), 393-398.
- Mohammad, A., Hossein, K., Hossein, F., & Soghrat, F.(2006). Balance problems after unilateral lateral ankle sprains. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 43(5), 819-824.
- Moussa, A. Z. B., Zouita, S., Dzir I, C., Salah., & F. Z. B.(2009). Single-leg assessment of postural stability and knee functional outcome two years after anterior cruciate ligament reconstruction. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 39, 1-10.
- Nielsen, A. B., & Yde, J.(1988). An epidemiologic and traumatologic study of injuires in handball. *International Journal of Sports Medicine*, 9, 341-344.
- Powers, C. M.(2003). The influence of altered lower-extremity kinematics on patellofemoral joint dysfunction: a theoretical perspective. *The Journal of Orthopedic*

- and Sports Physical Therapy*, 33(11), 639-646.
- Ross, S. E., & Guskiewicz, K. M.(2004). Examination of static and dynamic postural stability in individuals with functionally stable and unstable ankles. *Clinical Journal of Sports Medicine*, 14(6), 332-338.
- Safran, M. R., Benedetti, R. S., Bartolozzi, A. R., & Mandelbaum, B. R.(1999). Lateral ankle sprains : a comprehensive review: part 1: etiology, pathoanatomy, histopathogenesis and diagnosis. *Medicine Science Sports Exercises*, 31(7),429-437.
- Smith, R. W., & Reischle, S. F.(1986). Treatment of ankle sprains in young athletes. *American Journal of Sports Medicine*, 14(6), 465-471.
- Tabrizi, P., McIntyre, W. M., Quesnel, M. B., & Howard.(2000). Limited dorsiflexion predisposes to injuries of the ankle in children. *Journal of Bone & Joint Surgery*, 82, 1103-1106.
- 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.
- Tropp, H., Askling, C., & Gillquist, J.(1985). Prevention of ankle sprains. *American Journal of Medicine*, 13(4), 259-262.
- Valentine, B., & Yves, G.(2000). Muscular exercise improves knee position sense in humans. *Neuroscience Letters*, 289, 143-146.
- Valk, T., & Pivalica, D.(2004). Handball: The beauty or the beast. *Croatian Medical Journal*, 45(5), 526-530.
- Wilson, E. L., Madigan, M. L., Davidson, B. S., & Nussbaum, M. A.(2006). Postural strategy changes with fatigue of the lumbar extensor muscles. *Gait and Posture*, 23(3), 348-354.
- Yaggie, J., & Campbell, B. M.(2006). Effects of balance training on selected skills. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(2), 422-428.
- Yeow, C. H., Lee, P. V., & Goh, J. C.(2009). Effect of landing height on frontal plane kinematics, kinetics and energy dissipation at lower extremity joints. *Journal of Biomechanics*, 42, 1967-1973.
- Yeung, M. S., Chan, K. M., So, C. H., & Yuan, W. Y.(1994). An epidemiological survey on ankle sprain. *British Journal of Sports Medicine*, 28, 112-116.