

Original Article

## 지지면에 따른 과제 지향적 훈련이 발목 불안정성 환자의 통증과 기능 수준, 균형능력, 그리고 근 활성화 및 근 두께에 미치는 영향

오윤중, 박종항<sup>1)</sup>, 박삼호<sup>1)</sup>

울고든 정형외과 물리치료실, 광양보건대학교 물리치료과 교수<sup>1)</sup>

### Effect of Task-Oriented Training According to the Support Surface on Pain, Function, Balance Ability, Muscle Activity and Muscle Thickness in Patients with Ankle Instability

Youn-jung Oh, Jong-hang Park<sup>1)</sup>, Sam-ho Park<sup>1)</sup>

*Dept. of Physical Therapy, Allgodeun Orthopedic Surgery  
Dept. of Physical Therapy, Gwangyang Health College<sup>1)</sup>*

#### ABSTRACT

**Background:** Task-oriented training on an unstable support surface is an effective intervention for improving the ankle joint stability and muscle strength in patients with ankle instability. This study examined the effects of balance training on an unstable support surface in patients with ankle sprains with ankle instability.

**Methods:** Forty-four patients with ankle sprains participated in this study. Screening tests were performed and assigned to an experimental group, who performed task-oriented training on an unstable support surface (n=22), and a control group, who performed task-oriented training on a support surface (n=22) using a randomization program. All interventions were applied 3 times per week for 4 weeks. The numeric rating scale (NRS), cumberland ankle instability tool (CAIT), balance ability, muscle activity, and muscle thickness were compared to evaluate the effects of the intervention.

**Results:** Both groups showed significant differences in the NRS, CAIT, balance ability, and muscle activity between before and after the intervention ( $p<.05$ ). In addition, there were significant differences in balance ability, muscle activity, and muscle thickness between the experimental and control groups ( $p<.05$ ).

**Conclusion:** Task-oriented training on an unstable support surface is an effective intervention for improving the balance ability, muscle activity, and muscle thickness during contraction.

**Key Words:**

Ability, Balance ability, Muscle thickness, Task-oriented balance training

## I. 서론

현대화된 문명의 발달과 생활 방식의 변화 등으로 보행의 빈도가 감소하고, 활동량이 부족해지면서 발목관절이 악화되거나 쉽게 손상되고 있다(Webster와 Gribble, 2010). 발목 불안정성의 주요 원인으로 제시되는 발목의 염좌는 모든 연령대에서 그리고 평생에 걸쳐 누구나 한 번 이상은 경험하게 된다(Nyska, 2003).

발목 염좌는 일상생활이나 스포츠 활동 중에 흔히 발생할 수 있으며, 자주 발목에 불안정성 증상이 남게 된다(Lynch, 2002). 발목염좌는 발바닥 굽힘(plantar flexion)과 안쪽 들림(inversion)이 정상 가동범위를 지났을 때 발생한다(Fong 등, 2007). 이로 인한 외측 인대의 손상을 입는 초기 기간을 급성기로 정의하고 급성기 이후 과훈련, 과사용과 또는 과거에 부상이 제대로 재활되지 않은 경우를 만성기로 정의 내리며, 최대 74%까지 만성 발목 불안정성으로 발전할 수 있다(Hunnard와 Hertel, 2008).

발목 불안정성은 보행 시 흔들림과 불안전함으로 발생하는 증상으로 발목의 인대가 만성적인 파열이 있거나, 원래의 길이보다 늘어나 있는 상태 혹은 발목의 인대가 정상적으로 가지고 있는 운동감각의 손상으로 인해 발생된다(Hertel과 Olmsted-Kramer, 2007). 이로 인해 엉덩관절과 몸통 운동의 보상 작용이 발생하게 되며, 이는 균형반응에 역학적인 반응을 제한한다. 이로 인해 발목관절의 안정성과 근육 활동이 협응 되기 위해 균형 훈련과 저하된 근력을 강화하는 훈련이 필요하다(Bernier와 Perrin, 1998). 균형은 갖추어진 환경 내에서, 자신의 기저면(base of support, BOS) 위에 몸의 중심(center of gravity, COG)을 유지하는 능력을 말한다(Park과 Lee, 2019). 정적 균형은 자세를 유지하는 능력으로 BOS 내 중심을 두어 신체를 움직이지 않게 유지하고, 동적 균형은 신체를 움직일 때 중심을 기저면 내에 두어 하고자 하는 자세를 유지하는 능력으로 분류할 수 있다(Yavuzer, 2006). 신체가 균형을 유지하기 위해서는 BOS 내에 COG가 연속성을 가지고 유지되어야 하는데, 이를 위해서는 정상적인 압력과 고위 중추에서의 적절한 통합조절이 요구된다(Park과 Lee, 2021).

Page(2006)의 연구에서는 감각 운동 훈련의 접근에서 만성 근골격계 환자에게 자세조절과 정상적인 몸 감각영역을 위한 운동프로그램을 권하고 있으며 균형판, 폼 패드의 불안정한 기구를 이용하여 하지와 관련된 재활운동 프로그램을 강조하고 있다. 자세조절은 지지면과 발, 그

리고 접촉된 몸의 감각 정보에 의존하며, 발은 지지면에서 오는 충격을 흡수하고 유연하게 조절할 수 있도록 한다. 또한, 지지면에 대한 적절한 움직임과 균형을 유지시킨다(Shumway-Cook과 Woollacott, 2007; Bradley 등, 2004). 딱딱하고 안정적인 지지면에서는 일반적으로 누르는 힘이 발생하고, 불안정한 지지면은 외부의 흔들림을 증가시키고, 자세 정위능력을 효과적으로 변화하게 한다(Shumway-Cook과 Woollacott, 2007). 또한, 균형은 상해를 예측하는데 많은 영향을 미치고 있으며, 균형 능력이 낮을수록 발목의 손상 위험이 높다고 보고하였다(McGuine 등, 2000).

균형훈련의 예로 생체 되먹임이 있으며 생체 되먹임을 이용한 중재는 다른 중재 방법보다 단계적 제어를 통하여 능력에 따른 훈련 제공함으로 과제 수행에 대한 신속하고 정확한 감각 되먹임을 제공하여 안전한 환경에서의 자가 학습의 기회 주며, 경제적 훈련 환경 구현 등의 장점을 갖는다(Jack 등, 2001).

하지만 지금까지 과제 지향적 훈련은 중추신경계 관련 환자를 대상으로 한 연구가 대부분이며, 근 골격계 환자를 대상으로 한 연구는 미미한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 안정 지지면과 불안정 지지면에 따른 과제 지향적 균형훈련이 앞정강근, 장딴지근의 통증과 기능 수준, 균형 능력 그리고 근 활성화 및 근 두께에 어떠한 영향을 미치는지 분석해보고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상자

본 연구는 D 광역시 A 병원에 입원 또는 외래로 내원하여 정형외과 전문의에게 외측 발목염좌로 치료 중인 환자 55명을 대상으로 하였으며, 연구 기간은 21년 3월부터 9월까지 시행하였다. COVID-19 상황에 따른 방역 지침 권고에 따른 발열 체크 등을 실시한 뒤 모집하였다.

선정기준으로는 1) 다리 근육 또는 다리에 신경 및 정형학적 문제가 없는 자, 2) 다리의 움직임이 정상의 생리적 범위를 초과하지 않는 자, 3) 발목관절 가동범위 측정 및 Y자 균형 검사(Y-balance test)를 수행 가능한 자(Plisky 등, 2009), 4) 발목 불안정성 설문지 11점 이상인 자(Gribble 등, 2013)로 하였다. 모든 대상자는 연구의 목적과 절차를 이해하고 실험과정에 대해 충분한 설명을 듣고 자발적인 동의를 얻어 실험을 실시하였다.

## 2. 연구방법

본 연구는 사전-사후 무작위 대조군 연구 설계로써, 대상자 수 선정을 위하여 G\*power 프로그램(Ver.3.1, G-power, University of Kiel, Kiel, Germany)을 사용하였다. 대상자 수 선정은 Cohen's d의 정리를 사용하여 pilot test의 결과를 근거하여 효과 크기(d)=.91로 가정하고,  $\alpha=.05$ , Power(1- $\beta$ )=.8로하여 군 간 최소 20명의 대상자가 필요하였으나, 중도 탈락률 10%를 고려하여 군 간 최소 인원은 22명으로 하였다(Faul, 등 2007).

모집된 대상자를 선별하기 위하여 기능적 발목 불안정성 분류 설문지를 실시하였다. 세부적 선정 요건에서 다리에 정형외과적 문제가 있는 자(n=3), 다리의 움직임이 생리적 범위를 초과한 자(n=3) 설문지 11점 이하인 자(n=5)로 인하여 11명이 탈락하였다. 중재 전-후에 따른 종속변수의 효과를 비교하기 위하여 사전검사를 실시 후, 총 44명의 대상자를 무작위 번호 생성프로그램을 이용하여(Saghaei, 2004), 불안정한 지지면에서 과제 지향적 훈련을 실시한 실험군(n=22)과 안정적인 지지면에서 과제 지향적 훈련을 실시한 대조군(n=22)으로 배정하였다. 군 간 중재 방법에 따른 효과를 비교하기 위하여 통증과 기능 수준, 균형능력, 근 활성화 그리고 근 두께를 사전, 사후 측정하였다. 연구에 참여한 모든 대상자는 본인이 속한 군에 대하여 알지 못한 채 중재에 참여하였으며, 모든 평가는 숙련된 근골격계 8년 차 물리치료사에 의해 진행되었다.

## 3. 중재 방법

### 1) 과제 지향적 훈련

본 연구에서 두 군 모두에게 실시한 과제 지향적 훈련은 Mudaliar와 Dharmayat(2017)의 연구에서 실시한 발목 안정화 운동프로그램을 수정 및 보완하였다. 이 훈련 방법은 하지 근육의 강화를 통하여 발목 부에 안정성을 유도하며, 뒷꿈치 중심으로 앞꿈치 들기, 앞꿈치 중심으로 뒷꿈치 들기, 한 다리 들고 중심 잡기 총 3가지 훈련으로 구성하였다. 중재 전과 준비운동(warm up)과 마무리 운동(cool down)의 목적으로 10분간의 스트레칭이 제공되었고, 각 훈련프로그램 마다 10초씩 5회 5세트 실시하였다. 세트 간 20초의 휴식을 제공하였으며, 약 50분/회, 주 3회, 총 4주간 중재를 적용하였다.

#### (1) 뒷꿈치 중심으로 앞꿈치 들기

대상자는 바로 선 자세에서 한쪽 발을 앞으로 한걸음 옮긴 뒤 양발의 뒷꿈치를 중심으로 앞꿈치를 들어 올린다(Figure 1A).

#### (2) 앞꿈치 중심으로 뒷꿈치 들기

대상자는 바로 선 자세에서 한쪽 발을 앞으로 한걸음 옮긴 뒤 양발의 앞꿈치를 중심으로 뒷꿈치를 들어 올린다(Figure 1B).

#### (3) 한 다리 들고 앞으로 뺨기

대상자는 바로 선 자세에서 양팔을 좌우로 들어 올린 후 한쪽 발을 앞으로 들어 올려 중심을 유지한다(Figure 1C).

#### (4) 한 다리 들고 뒤로 뺨기

대상자는 바로 선 자세에서 양팔을 좌우로 들어 올린 후 한쪽 발을 뒤로 들어 올려 중심을 유지한다(Figure 1D).

#### (5) 한 다리 들고 옆으로 뺨기

대상자는 바로 선 자세에서 양팔을 좌우로 들어 올린 후 한쪽 발을 들어 옆으로 들어 올려 중심을 유지한다(Figure 1E).

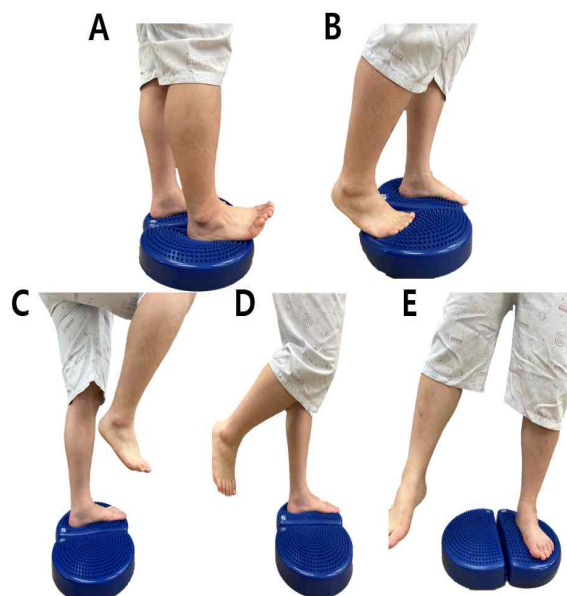


Figure 1. Task-oriented training (A-E)

### 2) 불안정한 지지면에서 과제 지향적 훈련

불안정한 지지면에서 과제 지향적 훈련은 진동 운동기(SW-VH11, Sonic world, Korea) 위에

Aero-step(Aero-Step® XL, TOGU, Germany)을 이용하여 불안정한 지지면에서 과제 지향적 훈련을 실시하였다. Aero-step은 기존의 단단한 바닥이나 스텝에서의 운동보다 더 많은 근육을 자극시켜 보다 높은 운동 효과를 볼 수 있는 방법이다(Park 등, 2021).

#### 4. 측정방법 및 도구

##### 1) 통증 수준

대상자들의 중재 프로그램의 따른 통증 수준을 알아보기 위하여 숫자 통증 척도(numeric rating scale, NRS)를 사용하였다. 이 평가는 자기기입식 설문지로 0은 통증 없음을 나타내며, 5는 중등도의 통증을 나타내고, 10은 참을 수 없을 정도의 통증을 의미한다. 측정 당시의 요통의 정도를 측정하였으며, NRS의 측정자 내 신뢰도가 .61이며, 타당도가 높다(Maher 등, 2005).

##### 2) 기능적 발목 불안정성 수준

불안정성 발목을 알아보기 위하여 Cumberland 발목 불안정성 도구(Cumberland ankle instability tool: CAIT)를 사용하였다. CAIT는 발목 불안정성을 평가하는 도구로써, 총 9개의 질문으로 구성되어 있고, 그중 1문제는 0점부터 5점, 다른 1문제는 0점부터 2점, 2문제는 0점부터 4점, 5문제는 0점부터 3점으로 되어있으며, 발목에 대한 불안정성을 수치화시킨 것이다. 총점 30점 만점에서 28점 이상은 정상, 27점 이하는 잠재된 기능적 발목 불안정성, 24점 이하는 기능적 발목 불안정성으로 정의하였다(Donahue 등, 2011). 점수가 높을수록 정상적인 발목에 가깝고 반대로 낮을수록 발목의 안정성이 떨어짐을 나타낸다(Hiller 등, 2006). 측정은 환자의 우세 발을 기준으로 측정하였으며, Hiller 등(2006)의 연구에서 검사-재검사 신뢰도는 .96으로 높은 수준을 보였다.

##### 3) 균형능력 수준

본 연구는 지지면에 따른 과제 지향적 훈련이 동적 균형 조절능력의 평가를 알아보기 위해 전산화 균형 측정 장비(Good Balance System, Metitur, Finland)를 사용하였다. 이 측정 장비는 움직임을 수 없는 발판이 있으며, 발뒤꿈치에 작용하는 수직적인 힘을 측정할 수 있다. 동적 균형능력은 바로 선 자세에서 양손을 단전에 모으고 컴퓨터 화면에 나타나는 경로를 따라 압력중심(center of pressure: COP)을 정확한 순서로 도달하게 한

후 측정하였다. 3회 반복 측정치의 평균을 얻어 균형능력을 비교하였다.

##### 4) 근 활성화도

대상자들의 독립변수에 따른 앞정강근과 장딴지근의 근 활성도를 보기 위하여 표면 근전도기(Bagnoli EMG system, Delsys Inc. USA.)를 사용하였다. 모든 대상자는 바로 누운 자세에서 최대한 발등 굽힘(dorsiflexion)시켜 앞정강근을 측정하였으며, 장딴지근은 발바닥 굽힘을 한 자세에서 측정하였다. 측정 시 측정된 근육의 근 섬유 방향과 나란하게 부착하여 측정하였다(Price 등, 2003). 신호의 표본 추출률(sampling rate)은 1000Hz로 설정하였으며, 주파수 대역폭은 Bagnoli EMG system의 측정 주파수 대역 필터인 30~500Hz의 노치필터(notch filter)를 사용하였다. 측정 시 측정부 위의 털을 제모하여 알코올 솜으로 부착부위를 깨끗이 세척하고 전극을 부착 전 전극 내 전해질 겔을 사용하여, 더욱 선명한 해상도를 얻을 수 있게 하였다.

또한, 근육을 최대 수축하여, 전극을 피부에 부착 후 가볍게 눌러 표면 근전도를 부착하였다. 중앙주파수와 실효적 진폭을 분석하였으며, 총 20초의 신호 중 신호가 불안정해 보이는 초기와 후기 4초를 제외한 12초의 신호를 측정하였다. 근전도의 신호에 대한 분석은 근육의 좌, 우측의 값을 합산 후 평균값을 분석하였다.

##### 5) 수축 시 근 두께

대상자들의 독립변수에 따른 앞정강근과 장딴지근의 근 두께를 측정하기 위하여 초음파 영상진단기(Mysono U6, Samsung, Korea)를 사용하였다. 대상자는 바로 앉은 상태에서 발등 굽힘 하여 측정하며, 초음파 겔(gel)을 피부에 바른 후 선형 도자를 이용하여 측정하였다.

초음파 영상을 이용한 근육 측정 위치는 앞정강근은 종아리뼈 머리에서 가쪽 복사뼈의 선형 도자를 세로로 세워 20% 지점에서(McCreesh와 Egan, 2011) 앞쪽 정강뼈 능선 위에 있는 후 측정하였으며, 장딴지근은 발바닥 굽힘 후 정강뼈의 안쪽 관절 용기와 안쪽 복사뼈 사이에 선을 그려 선의 3분의 1지점에 도자를 세로로 세워 영상을 측정하였다(Figure 2). 총 3회 측정 후 평균값을 계산하여 사용하였다(Narici 등 2003).

#### 5. 분석방법

본 실험은 측정 결과에 대한 통계분석을 Window 용 SPSS 24.0 version을 이용하여 분석하였다. 대상자의

정규성 검정은 Shapiro-Wilk 검정을 실시하였다. 실험



Figure 2. Muscle thickness measurement. (A) Tibialis anterior, (B) Gastrocnemius

을 통해 얻은 모든 수치는 평균과 표준편차를 구해 중재 전·후를 비교하기 위하여 대응표본 t-검정을 실시하였으며, 군간 변화량을 비교하기 위해 독립표본 t-검정을 실시하였다. 통계적 유의성을 검증하기 위하여 유의수준  $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

### III. 연구결과

#### 1. 연구대상자들의 일반적 특성

연구대상자는 총 44명으로 실험군, 대조군 각각 22명이었으며 성별, 연령, 신장, 체중에서는 동질성 검정 결과 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다( $p > .05$ )(Table 1).

Table 1. General characteristics.

	Exp group (n=22)	Con group (n=22)	t/ $\chi^2$
Sex (M/F)	12/10	11/11	-.354
Age(yrs)	30.13±6.94 <sup>a</sup>	29.53±6.73	.224
Height(cm)	168.93±8.82	169.40±8.16	-.150
Weight(kg)	66.16±17.05	69.09±13.87	-.516
BMI (score)	22.83±3.95	23.92±3.52	-.798
Onset (months)	6.33±3.21	6.87±3.02	-.468
Affected side (Rt/Lt)	14/8	12/10	.644

<sup>a</sup>Mean±SD

#### 2. 중재 전과 후 통증 수준, 발목 기능장애, 균형

#### 능력 변화

두 군 모두 모든 종속변수의 사전 값의 정규성을 동질하였다. 두 군 모두 중재 전·후 통증 수준, 발목 기능 장애, 균형 능력에서 유의한 차이가 있었으며( $p < .05$ ), 균형 능력에서 대조군보다 실험군에서 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ )(Table 2).

Table 2. Comparison of before and after the intervention between groups.

		Exp group (n=22)	Con group (n=22)	t
NRS (point)	Pre	6.20±.67 <sup>a</sup>	5.93±.59	1.148
	Post	4.13±.83	4.13±.91	
	Dif	-2.07±.59	-1.80±.77	1.169
	t	-13.484**	-9.000**	
CAIT (score)	Pre	14.13±1.19	14.27±1.22	-.303
	Post	24.47±1.64	24.33±1.59	
	Dif	10.33±1.29	10.06±2.19	-.430
	t	31.000**	17.831**	
Ant-post (mm/s)	Pre	1292.34±37.78	1274.45±35.98	1.328
	Post	749.14±73.55	802.36±92.89	
	Dif	-543.20±84.30	-472.09±94.80	3.570*
	t	-24.955**	-19.286**	
Med-Lat (mm/s)	Pre	1095.50±83.56	1114.17±84.15	-.510
	Post	650.67±28.44	760.05±57.12	
	Dif	-444.84±84.46	-354.13±85.43	2.188*
	t	-20.396**	-10.131**	
Distance (mm <sup>2</sup> /s)	Pre	1883.67±116.82	1891.91±115.66	-.194
	Post	1008.11±66.70	1094.42±66.11	
	Dif	-875.56±113.91	-797.49±115.21	3.931*
	t	-29.772*	-26.809*	

<sup>a</sup>Mean±SD, \* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , Dif: Difference, NRS: Numeric rating scale, CAIT: Cumberland ankle instability tool

#### 3. 중재 전과 후 근 활성도와 근 두께 변화

두 군 모두 중재 전·후 근 활성도와 근 두께에서 유의

한 차이가 있었으며( $p<.05$ ), 대조군보다 실험군에서 유의한 차이가 있었다( $p<.05$ )(Table 3).

**Table 3.**  
Comparison of before and after the intervention between groups.

		Exp group (n=22)	Con group (n=22)	t
TA (%)	Pre	3.16±.55 <sup>a</sup>	3.12±.59	.556
	Post	5.56±.45	5.02±.64	
	Dif	2.39±.75	1.90±.74	-2.669*
	t	12.377**	9.979**	
GM (%)	Pre	1.53±.22	1.58±.16	-.765
	Post	3.58±.34	3.36±.36	
	Dif	2.05±.37	1.77±.39	-2.255*
	t	21.649**	17.319**	
TA Muscle thickness in contraction (mm)	Pre	2.36±.23	2.41±.24	-.642
	Post	2.58±.19	2.48±.24	
	Dif	.22±.16	.07±.15	-4.087*
	t	5.320**	1.558**	
GM Muscle thickness in contraction (mm)	Pre	1.37±.08	1.39±.11	-.618
	Post	1.48±.11	1.43±.09	
	Dif	.11±.10	.04±.09	-3.113*
	t	4.114*	1.639	

<sup>a</sup>Mean±SD, \* $p<.05$ , \*\* $p<.01$ , Dif: Difference, TA: Tibialis anterior GM: Gastrocnemius

#### IV. 고찰

본 연구는 불안정한 지지면에서의 과제 지향적 균형훈련이 발목 불안정성을 가지고 있는 환자에게 미치는 효과에 대해 알아보기 위하여 실시하였다. 그 결과 불안정한 지지면에서의 균형 훈련을 실시한 실험군에서 통증 수준과 발목 기능 장애 감소, 균형 능력의 향상과 근 활성도와 근 두께에서의 유의한 향상이 나타났다( $p<.05$ )

발목 통증은 발목관절의 반복적 손상, 장기간 인대 이완 및 발목관절의 불안정성에 의해 자세, 근육 및 고유수용성 감각의 장애를 야기하며(Bonnel 등, 2010), 체중 지지와 걷기, 달리기, 점프, 정적 및 동적 균형의 조절 작용 등 다양한 기능의 저하 원인이 된다(Robinson과

White, 2002). Collins 등(2004)은 발목관절에 대한 통증이 있는 환자를 대상으로 관절가동술과 과제 지향적 균형훈련이 통증의 감소와 균형 능력 향상을 보고하였으며, Pellow와 Brantingham(2001)은 발목에 불안정성을 가진 환자에게 발목관절에 대한 균형훈련이 통증의 감소와 발목관절 기능 향상에 대해 긍정적인 영향을 끼쳤다고 보고하였다.

본 연구에서도 대조군과 실험군에서 중재 전과 후에 통증 수준과 발목 기능에서 유의한 향상을 보였으며( $p<.05$ ), 이는 선행연구의 결과와 일치하였다. 두 군 간에는 유의한 차이는 나타나지 않았다( $p<.05$ ). 이는 훈련 프로그램으로 제시된 불안정한 지지면에서의 과제 지향적 훈련이 고유수용성 감각과 하지 근육 및 발목관절 조절능력의 향상이 통증 감소와 기능 향상에 효과적이라 생각되며, 불안정한 지지면에서의 균형훈련은 발목관절의 고유수용성 감각과 주변부 근육의 안정화로 통증과 기능 향상에 기여했다고 사료된다.

발목관절의 자세조절 및 기능은 균형 능력과 밀접한 관련이 있으며(Spink 등, 2011), 불안정한 지지면을 발목관절에 적용하였을 때 균형능력 향상에 영향을 미친다고 보고 하였다(Roelants 등, 2006). Mecagni 등(2000)은 발목관절 불안정성은 자세 조절능력 및 기능적 능력에 제한이 걸리고, 신체 전반적인 움직임의 변화를 발생시키고, 결과적으로 균형 능력의 감소를 가져온다고 보고하였다.

본 연구에서는 중재 전과 후에 대상자들의 균형 능력을 알아보기 위하여 전산화 균형 측정 장비를 통하여 측정 후 비교하였다. 그 결과 두 군 모두 중재 전과 후 유의한 차이가 있었으며( $p<.05$ ), 대조군보다 실험군에서 더 유의한 차이가 나타났다( $p<.05$ ). 이는 불안정한 지지면에서의 과제 지향적 훈련은 발목 불안정성을 가진 환자에게 신경근 시스템을 통해 자세 조절에 필요한 근육의 활동을 자극하여 근육들의 협응력과 근수축 조절을 통하여 안정성을 향상시켜 발목관절의 움직임과 자세 조절 및 기능적 능력을 효율적으로 유지할 수 있게 하여 균형능력 향상에 기여한다고 생각된다.

근전도 검사는 비침습적으로 골격근의 수축 정도를 측정, 정량화하는 방법으로 사용되고 있다. Seo 등(2009)은 성인으로 대상으로 한 시각과 자세 변화를 통한 균형 능력에 대한 장딴지근과 앞정강근의 근 활성도를 비교한 연구에서 장딴지근과 앞정강근의 근 활성도 변화에 유의한 차이가 있다고 보고하였고, Lim 등(2010)은 불안정한 지지면에서의 균형훈련이 하지 근력을 향상시키는데 효과적이라고 보고하였다.

본 연구에서는 중재 전과 후 불안정한 지지면에서 균형훈련의 근 활성도를 알아보기 위하여 근전도 검사를 통해 장딴지근과 앞정강근의 근 활성도를 측정하여 비교하였다. 그 결과 두 군 모두 중재 전과 후에 유의한 차이가 있었으며( $p<.05$ ), 실험군에서 더 유의한 차이가 나타났다( $p<.05$ ). 이는 불안정한 지지면에서 균형을 유지하기 위하여 발목관절 주변의 근육은 균형과 자세조절을 유지하기 위해 불안정한 지지면에 외부 힘이 작게 발생할 때부터 작용하기 시작하여 외부 힘이 커질수록 발목관절 주변의 근육이 강하게 활성화되며, 발목관절 주변부 근육의 협응력을 통해 균형능력과 발목의 안정성을 제공한다고 사료된다.

초음파 영상은 사용이 간편하고, 비용이 적게 들며, 비침습적인 장비로써, 근골격계 진단에 많이 사용되고 있으며, 다른 장비에 비해 심부근과 표재근을 평가하는데 용이하다(Park과 Lee, 2021). Yu와 Kim(2006)의 안정적인 지지면과 발란스 볼 위에서 발목관절 근육 강화 목적의 균형훈련이 앞정강근과 장딴지근의 효과적인 증가를 보고하였고, Han 등(2006)은 불안정한 발판에서의 균형훈련을 통한 발목관절 주변 근육의 변화에 미치는 연구에서 앞정강근과 장딴지근의 유의한 증가 효과를 보았다고 보고하였다.

본 연구에서는 중재 전과 후 불안정한 지지면에서의 균형훈련의 근 두께의 차이를 알아보기 위하여 초음파 검사를 통해 앞정강근과 장딴지근의 근 두께를 측정 비교하였다. 그 결과 두 군 모두 중재 전과 후에 유의한 차이가 있었으며( $p<.05$ ), 실험군에서 더욱 근 두께가 두꺼워지는 유의한 차이가 나타났다( $p<.05$ ).

이는 불안정한 지지면에서 균형훈련이 불안정함에 의한 강도가 강해질수록 자세 조절에 대한 난이도가 높아지고, 신체가 균형을 유지하려고 할 때 주변부 근육들이 더욱 많은 수축을 통하여 발목관절에 대한 안정성에 영향을 미치는 것으로 생각된다.

본 연구를 진행하는 동안 대상자에게 과제 지향적 훈련프로그램을 수행하는데 1~2일 정도의 선행 훈련이 요구되었다. 그 외 본 연구에는 몇 가지 제한점이 있다. 첫째, 짧은 중재 기간으로 인해 중재 이후에 지속적인 효과를 비교 분석하지 못하였다. 둘째, 참가한 대상자들의 연령대가 20~30대로 한정되어, 모든 연령의 발목 불안정성환자에게 일반화하기에는 어려움이 있다. 셋째, 대상자들의 발목관절의 근육 부분으로만 한정되어 전체적인 고유수용성 감각의 증진에 관한 연구는 다소 제한된다. 넷째, 외래환자에게 중재 프로그램을 실시한 만큼 완벽한 통제에는 제한점이 있다. 추후 연구에서는 이러한 제한

점을 고려하여 과제 지향적 훈련프로그램의 지속성을 효과적으로 높이고, 발목 통증을 줄이기 위하여 과제 지향적 훈련프로그램에 관한 관심을 유도하는 것이 바람직하겠다.

## V. 결론

본 연구는 지지면에 따른 과제 지향적 훈련이 발목 불안정성 환자의 통증과 기능, 균형능력 그리고 근 활성도 및 근 두께에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실시하였다. 그에 따른 결론은 다음과 같다.

1. 두 군 모두 중재 전·후 통증 수준에서 유의한 차이가 있었다.
2. 두 군 모두 중재 전·후 발목 기능장애에서 유의한 차이가 있었다.
3. 두 군 모두 중재 전·후 균형능력에서 유의한 차이가 있었다.
4. 두 군 모두 중재 전·후 근 활성도와 근 두께에서 유의한 차이가 있었으며, 대조군의 비해 실험군에서 유의한 차이가 있었다.

본 연구결과를 토대로 지지면에 따른 과제 지향적 훈련프로그램을 발목 불안정성 환자에게 적절히 적용한다면 치료에 더욱 효과적인 중재 방법으로 사용될 수 있는 유익한 훈련프로그램으로 제시 할 수 있을 것으로 생각된다.

## 참고문헌

- Bernier JN, Perrin DH. Effect of coordination training on proprioception of the functionally unstable ankle. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1998;27(4):264-275. <https://doi.org/10.2519/jospt.1998.27.4.264>.
- Bonnel F, Toullec E, Mabit C, et al. Chronic ankle instability: Biomechanics and pathomechanics of ligaments injury and associated lesions. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2010;96(4):424-432. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2010.04.003>.
- Bradley EH, Schlesinger M, Webster TR, et al. Translating research into clinical practice: Making change happen. *J Am Geriatr Soc.* 2004;52(11):1875-1882. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2004.02111.x>.

- i.org/10.1111/j.1532-5415.2004.52510.x.
- Collins N, Teys P, Vicenzino B. The initial effects of a Mulligan's mobilization with movement technique on dorsiflexion and pain in sub-acute ankle sprains. *Man Ther.* 2004;9(2):77-82. [https://doi.org/10.1016/S1356-689X\(03\)00101-2](https://doi.org/10.1016/S1356-689X(03)00101-2).
- Donahue M, Simon J, Docherty CL. Critical review of self-reported functional ankle instability measures. *Foot Ankle Int.* 2011;32(12):1140-1146. <https://doi.org/10.3113/FAI.2011.1140>.
- Faul F, Erdfelder E, Lang AG, et al. G\* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Methods.* 2007;39(2):175-191. <https://doi.org/10.3758/BF03193146>.
- Fong DTP, Hong Y, Chan LK, et al. A systematic review on ankle injury and ankle sprain in sports. *Sport Med.* 2007;37(1):73-94. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737010-00006>.
- Gribble PA, Delahunt E, Bleakley C, et al. Selection criteria for patients with chronic ankle instability in controlled research: A position statement of the international ankle consortium. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2013;43(8):585-591. <https://doi.org/10.2519/jospt.2013.0303>.
- Han SY, Jong JH, Lee HJ, et al. A change of balance ability and EMG analysis of ankle joint around muscle by balance training at an unstable footboard during 4 weeks. *J Korean Soc Phys Ther.* 2006;2(1):11-19.
- Hertel J, Olmsted-Kramer LC. Deficits in time-to-boundary measures of postural control with chronic ankle instability. *Gait Posture.* 2007;25(1):33-39. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2005.12.009>.
- Hiller CE, Refshauge KM, Bundy AC, et al. The Cumberland ankle instability tool: A report of validity and reliability testing. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87(9):1235-1241. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2006.05.022>.
- Hubbard TJ, Hertel J. Anterior positional fault of the fibula after sub-acute lateral ankle sprains. *Man Ther.* 2008;13(1):63-67. <https://doi.org/10.1016/j.math.2006.09.008>.
- Jack D, Boian R, Merians AS, et al. Virtual reality-enhanced stroke rehabilitation. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng.* 2001;9(3):308-318. <https://doi.org/10.1109/7333.948460>.
- Lim SW, Kim SH, Kim YN, et al. The effect of balance training on balance ability and ankle joint muscle activity. *Journal of the Korean Academy of Clinical Electrophysiology.* 2010;8(2):13-18. <https://doi.org/10.5627/KACE.2010.8.2.013>
- Lynch SA. Assessment of the injured ankle in the athlete. *J Athl Train.* 2002;37(4):406-412.
- Maher CG, Latimer J, Hodges PW, et al. The effect of motor control exercise versus placebo in patients with chronic low back pain. *BMC Musculoskelet Disord.* 2005;6(1):1-8. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-6-54>.
- McCreesh K, Egan S. Ultrasound measurement of the size of the anterior tibial muscle group: The effect of exercise and leg dominance. *Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol.* 2011;3(1):1-6. <https://doi.org/10.1186/1758-2555-3-18>.
- McGuine TA, Greene JJ, Best T, et al. Balance as a predictor of ankle injuries in high school basketball players. *Clin J Sport Med.* 2000;10(4):239-244.
- Mecagni C, Smith JP, Roberts KE, et al. Balance and ankle range of motion in community-dwelling women aged 64 to 87 years: A correlational study. *Phy Ther.* 2000;80(10):1004-1011. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2006.05.022>.



- i.org/10.1093/ptj/80.10.1004.
- Mudaliar P, Dharmayat S. Influence of strength and proprioception training on functional ankle stability among young skaters. *Indian J Health Sci Biomed Rese.* 2017;10(3):317-322. [https://doi.org/10.4103/kleuhsj.kleuhsj\\_42\\_17](https://doi.org/10.4103/kleuhsj.kleuhsj_42_17).
- Narici MV, Maganaris CN, Reeves ND, et al. Effect of aging on human muscle architecture. *J Applie Phy.* 2003;95(6):2229-2234. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00433.2003>.
- Nyska M, Shabat S, Simkin A, et al. Dynamic force distribution during level walking under the feet of patients with chronic ankle instability. *Brj Sport Med.* 2003;37(6):495-497. <https://doi.org/10.1136/bjism.37.6.495>
- Page P. Sensorimotor training: A “global” approach for balance training. *Body and Move Ther.* 2006;10(1):77-84. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2005.04.006>
- Park SH, Lee MM. Effects of a progressive stabilization exercise program using respiratory resistance for patients with lumbar instability: A randomized controlled trial. *Med Sci Monit.* 2019;25:1740-1748. <https://doi.org/10.12659/MSM.913036>.
- Park SH, Lee MM. Effects of progressive neuromuscular stabilization exercise on the support surface on patients with high obesity with lumbar instability: A double-blinded randomized controlled trial. *Med.* 2021;100(4):e23285. <http://doi.org/10.1097/MD.00000000000023285>.
- Park SH, Seo JH, Lee MM. Effect of neuromuscular stabilization exercise program using whole body vibration on patients with low back pain. *Phy Ther Rehabil Sci.* 2021;10(3):278-287. <https://doi.org/10.14474/ptrs.2021.10.3.278>.
- Pellow JE, Brantingham JW. The efficacy of adjusting the ankle in the treatment of subacute and chronic grade I and grade II ankle inversion sprains. *J Manipulative Physio Ther.* 2001;24(1):17-24. <https://doi.org/10.1067/mmt.2001.112015>.
- Plisky PJ, Gorman PP, Butler RJ, et al. The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *NAJSPT.* 2009;4(2):92-99.
- Price TB, Kamen G, Damon BM, et al. Comparison of MRI with EMG to study muscle activity associated with dynamic plantar flexion. *NAJSPT.* 2003;21(8):853-861. [https://doi.org/10.1016/S0730-725X\(03\)00183-8](https://doi.org/10.1016/S0730-725X(03)00183-8).
- Robinson P, White LM. Soft-tissue and osseous impingement syndromes of the ankle: Role of imaging in diagnosis and management. *Radiographics.* 2002;22(6):1457-1469. <https://doi.org/10.1148/rg.226025034>.
- Roelants M, Verschueren SM, Delecluse C, et al. Whole-body-vibration-induced increase in leg muscle activity during different squat exercises. *J Strength Cond Res.* 2006;20(1):124-129.
- Saghaei M. Random allocation software for parallel group randomized trials. *BMC Med Res Method.* 2004;4(1):1-6.
- Seo SK, Kim SH, Kim TY. Evaluation of static balance in postural tasks and visual cue in normal subjects. *The Journal of Korean Physical Therapy.* 2009;21(4):51-56.
- Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Motor Control: Translating Research into Clinical Practice.* Lippincott Williams & Wilkins. 2007.
- Spink MJ, Fotoohabadi MR, Wee E, et al. Predictors of adherence to a multifaceted podiatry intervention for the prevention of falls in older people. *BMC Geriatr.* 2011;11(1):1-8. <https://doi.org/10.1186/1471-2318-11-51>.
- Webster KA, Gribble PA. Functional rehabilitation

Oh, et al. Effect of Task-Oriented Training According to the Support Surface on Pain, Function, Balance Ability, Muscle Activity and Muscle Thickness in Patients with Ankle Instability

interventions for chronic ankle instability: A systematic review. J Sport Rehabil. 2010;19(1):98-114. <https://doi.org/10.1123/jsr.19.1.98>

Yavuzer G, Eser F, Karakus D, et al. The effects of balance training on gait late after stroke: A randomized controlled trial. Clin Rehabil. 2006;20(11):960-969. <https://doi.org/10.1177/0269215506070315>.

Yu GS, Kim TY. Influence of the knee angles

on the electromyographic activities and fatigue of the ankle muscles in healthy subjects. The Journal of Korean Academy of Orthopedic Manual Physical Therapy. 2006;12(1):16-26.

논문접수일(Date received) : 2022년 03월 18일

논문수정일(Date Revised) : 2022년 03월 22일

논문게재확정일(Date Accepted) : 2022년 04월 14일