

## 발목 불안정환자에 대한 전신음파진동기와 토구를 이용한 불안정 지지면 운동의 효과 비교

김민규 · 양회송 · 정찬주 · 강효정 · 유영대<sup>\*</sup>

청암대학교 물리치료과 교수

### Comparison of the Effects of Unstable Support Exercise Using Whole Body Sonic Vibrator and TOGU for Patients with Ankle Instability

Min-Kyu Kim, PT, MS · Hoe-Song Yang, PT, Ph.D · Chan-Joo Jeong, PT, Ph.D

Hyo-Jeong Kang, PT, Ph.D · Young-Dae Yoo, PT, Ph.D<sup>\*</sup>

*Dept. of Physical Therapy, Cheongam College, Professor*

#### Abstract

**Purpose** : Chronic ankle instability can lead to problems in balance and gait due to weakness of the ankle muscles and decreased proprioceptive sensation. Balance training that stimulates proprioceptors is necessary to improve ankle stability. We aimed to compare the effects of unstable support balance exercises using whole body sonic vibration and an aero-step (TOGU) on proprioception and balance in individuals with unilateral functional ankle instability.

**Methods** : Thirty-six participants with unilateral functional ankle instability were randomly recruited and divided into two groups (group 1 = sonic whole body vibration, group 2= TOGU). Individuals in each group participated in training for 5 weeks, 40 minutes per session, 5 times per week, and performed weight-bearing exercises in five postures on different unstable support surfaces. Proprioception was measured by digital inclinometer (Dualer IQ), and balance was measured by force platform (Biodex balance system).

**Results** : Significant differences were observed in proprioception before and after intervention within both group ( $p < .05$ ). Significant differences were also observed in the balance index before and after intervention within both groups ( $p < .05$ ).

**Conclusion** : As a result of this study, it is suggested that for individuals with ankle instability, unstable support surface training using a whole body sonic vibrator and TOGU can have a positive effects on proprioception and balance ability.

---

**Key Words** : ankle instability, balance, joint position sense

<sup>\*</sup>교신저자 : 유영대, [ptyoo@sejc.ac.kr](mailto:ptyoo@sejc.ac.kr)

제출일 : 2021년 9월 29일 | 수정일 : 2021년 11월 9일 | 게재승인일 : 2021년 11월 12일

※ 이 논문은 2021년도 청암대학교 학술비 지원에 의한 논문임.

## I. 서론

발목의 바깥쪽 염좌는 일상 생활 활동과 스포츠 활동이 늘면서 가장 흔하게 발생하며, 재발률은 70~80 %에 달한다(Herzog 등, 2019). 반복적인 발목 염좌와 부상 후에 나타나는 지속적 증상을 만성 발목 불안정(chronic ankle instability; CAI)이라 한다(Delahunt 등, 2018). 만성 발목 불안정은 발목 주변 근육의 약화, 고유수용성 감각의 감소 등의 문제를 가지며, 자세 조절의 불안정으로 균형감소와 불안정한 보행을 초래한다(Ha 등, 2018). 만성 발목 불안정은 기계적(mechanical) 발목 불안정과 기능적(functional) 발목 불안정으로 구분된다. 기계적 발목 불안정은 관절을 지지하는 인대 조직의 구조적 손상으로 인한 관절의 느슨함을 의미하며, 기능적 발목 불안정은 반복적 발목 손상에 의해 발목이 휘청거리는 듯한 주관적인 느낌을 느끼는 것으로 정의된다(Hall 등, 2018).

발목의 기능적 불안정을 가진 사람은 고유수용성 감각 문제로 인해 수동적 움직임에 대응하는 능력이 감소하는 경향을 보이며, 자세 동요시 근육의 반응시간이 늦어진다(Koshino 등, 2020). 고유수용성 감각은 관절의 움직임과 위치를 파악하고, 신경근 조절을 통한 움직임을 구성하는데 필요하며 관절의 동적안정성을 위한 근육의 반사적 활동에 기여한다(Ferlinc 등, 2018). 때문에 만성 발목 불안정 환자의 위치감각 결손은 균형감소로 이어지며, 발목 염좌가 재발하는 원인이 되기도 한다(Burger 등, 2018).

일반적으로 발목 손상 환자의 재활을 위해 고유수용성 감각훈련이나 균형운동과 같은 운동프로그램을 적용한다. Lee와 Lin(2008)의 연구에서는 기능적 발목 불안정 환자에게 12주간 위치감각 훈련을 시행하여 자세안정성과 고유수용성 감각에 긍정적 효과가 있었다. 또한 균형운동도 발목의 고유수용성 감각의 향상에 긍정적인 효과가 있는 것으로 보고 되었다(Koh, 2008). Han과 Lee(2018)의 연구에서는 불안정지지면에서 시행한 발목 균형훈련이 발목의 발등굽힘과 발바닥굽힘 근력이 향상되는 결과를 보였다. 또한 불안정지지면에서의 균형훈련이 발목의 자세유지근육의 근활성도를 나타내는 느린연축근섬유의 활성도는 높이고 빠른 연축 근섬유의 동원

비율은 감소시키는 것으로 나타났다(Lim 등, 2010). 특히 균형훈련은 불안정지지면에 시행하는 것이 일반적이며, 발목 불안정 환자를 대상으로는 뱀스보드, 트램폴린, 균형원판, 에어로스텝을 주로 사용한다. 불안정 지지면 훈련은 흔들리는 지지면에서 발생하는 자세 동요로 인해 자세유지 근육이 반사적으로 활성화 되며, 발목의 근육으로부터 근방추의 입력 신호가 증가하는 효과가 있다(Kim, 2014). 이러한 선행연구의 결과를 종합해 볼 때 불안정 지지면을 사용한 균형운동은 근육의 활성도 증가, 근력의 향상 그리고 고유수용기 자극을 통한 균형능력 향상의 효과가 있다.

전신 진동운동은 수직 진동판을 통해 기계적 진동 자극을 제공하여, 근육에 강력한 고유수용성 자극을 적용하는 운동방법이다. 이러한 전신 진동운동은 움직임의 순발력이 향상될 뿐만 아니라, 자세안정근이나 다리 근육의 유연성, 근력을 향상시키는 효과가 있다(Kim 등, 2016). 근육에 진동자극을 가하면 강력한 근방추 자극을 통해서 흥분성 자극을 유발하며, 알파 운동신경에 작용하여 반사적 근수축을 일으키게 되는데 이러한 반응을 긴장성 진동반사라 한다(Kim & Kim, 2009). Marin과 Cochran(2021)의 연구에서는 수직 진동판을 통한 상하지 운동시 진동 폭 4 mm, 진동수 35, 40, 45 Hz일 때 근활성도가 가장 높았으며, Seixas 등(2020)의 연구에서는 전십자인대 재건술 환자에게 적용한 전신진동운동은 일반 재활운동에 비해 위치감각과 자세안정성을 향상시키는 효과가 있다고 보고하였다. 또한 전신진동기를 이용한 허리안정화 운동이 몸통근육의 근활성도와 자세안정성을 증진시키는 효과가 있었다(Kim & Kim, 2009).

불안정 지지면 훈련이 발목 불안정자의 재활에 긍정적 효과가 있다는 선행연구가 보고 되었지만, 불안정 지지면 훈련에 해당하는 전신 진동 운동은 대부분이 체간안정화 운동에 제한적으로 적용되었다. 따라서 본 연구에서는 전신진동기와 토구를 이용해 지지면을 다르게 적용하여 각각의 운동이 발목 불안정자의 고유수용성 감각과 균형에 미치는 영향을 알아보려고 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상자

본 연구는 순천시 C대학교 재학생 중 36명의 발목 불안정자를 대상으로 실시하였다. 연구 대상자의 수는 다음과 같은 산출 근거를 기준으로 하였다. G power ver. 3.1.9.2.(Heine Heinrich University, Dusseldorf, Germany)를 이용하여 최소 필요 표본수를 산출하였다. 본 연구의 일차 가설인 중재방법에 따른 효과의 차이를 확인하기 위하여 Han과 Lee(2018)의 결과를 참고하여 산출된 값을 반영하였다. 중재 전·후 그룹 간 고유수용성 감각의 변화도는 실험군 .21±.21, 대조군 .22±.29 이었다. 이 결과를 통하여 계산된 효과 크기는 1.12이었으며, 유의수준 .05, 검정력 95 %, 양측검정으로 하여 계산된 표본수는 각 그룹 당 18명이며, 탈락율 10 %를 고려하여 각 그룹 당 총 20명이 산출된다.

대상자의 선정기준은 만 18세 이상 65세 미만인 자이며, 최근 3개월 이내에 발목손상을 경험하지 아니 한자. 컴버랜드(cumberland) 발목 불안정성 설문지(cumberland ankle instability tool; CAIT)의 30점 만점 중 23점 이하인 자. 한 다리 서기검사(one leg standing test; OLST)에서 30 초 동안 못 버틴 대상자를 발목 불안정자로 하였다. 제

외기준은 근육뼈대계와 신경학적 손상 및 병변이 있는 자, 시각 및 청각의 손상 및 병변이 있는 자, 심한 인지, 의사소통, 지각에 문제로 인해 구두 지시를 이해하고 수행하는데 어려움이 있는 자로 하였다(Kim, 2012). 모든 대상자는 측정과 방법에 대해 설명을 듣고 동의서에 서명을 하였으며, 연구는 청암대학교 기관생명윤리심의회의 승인을 받은 후 진행되었다(CA17-210730-BM-009-01).

### 2. 연구 설계

본 연구는 대상자들에게 음파전신진동기와 TOGU를 이용하여 불안정한 지지면을 이용한 발목전략 운동을 적용하여 고유수용성 감각과 균형에 미치는 영향을 알아 보기 위하여 운동 전·후 발목 고유감각 검사와 균형지수를 검사하였다. 36명의 대상자를 모집하여 Group1(음파전신진동기군)과 Group2(토구군)에 각각 18명씩 무작위 배정하였다. 두 그룹 모두 각각의 환경에서 동일한 방법으로 운동프로그램을 적용하였으며, 불안정한 지지면을 이용한 발목전략 운동을 5주 동안 주 5회 준비운동과 정리운동을 포함한 운동시간은 40분 시행하였다 (Table. 1).

Table 1. Exercise program

	Exercise program	Time
Warm up	Hip rotation	5 minutes
	Knee & ankle rotation	
	Quadriceps stretching	
	Hamstring stretching	
	Gastrocnemius stretching	
Main exercise	Heel and to walk	30 minutes
	Calf raises	
	Lunge	
	Squat	
	Single leg squat	
Cool down	Hip rotation	5 minutes
	Knee & ankle rotation	
	Quadriceps stretching	
	Hamstring stretching	
	Gastrocnemius stretching	

### 3. 운동 방법

대상자는 각각의 자세를 10회 8세트로 반복 적용하였으며, 각 동작 중간에는 1분 휴식을 하였다. 운동자세와 동작은 감독자가 직접 시험을 보이며 대상자가 완전히 이해하도록 하였으며 대상자가 바른자세로 운동하도록 지시하였다. 불안정 지지면에서 시행되는 균형훈련의 특성상 낙상을 방지하기 위하여 충격방지 매트가 적용된 공간에서 시행하였으며, 운동 중 안전요원이 근접하여 시험에 참관하였다.

#### 1) 전신음파진동기

전신음파진동기(30 Hz 주파수)에서 5가지 체중부하 운동자세(heel and to walk, calf raises, lunge, squat, single leg squat)를 20초 운동, 10초 휴식을 1세트로 총 8세트 적용하였다. 각 동작의 중간에는 1분간 휴식하였다(Fig 1).

#### 2) TOGU 군

TOGU에서 5가지 체중부하 운동자세(heel and to walk, calf raises, lunge, squat, single leg squat)를 20초 운동, 10초 휴식을 1세트로 총 8세트 적용하였다. 각 동작의 중간에는 1분간 휴식하였다(Fig 2).



Fig 1. Sonic whole body vibration



Fig 2. Exercise program

### 3. 측정도구 및 방법

#### 1) 고유수용성감각 검사

고유수용성감각의 검사는 디지털 경사계(Dualer IQ, JTECH Medical, USA)를 이용하여 발목관절의 발등굽힘과 발바닥굽힘의 재위치 능력을 평가하였다. 측정자세는 대상자들이 발목관절을 측정판 위에 올리고 무릎관절은 20~30° 굽힘 하게하였다. 측정을 시작하기 전에 관절가동범위 검사를 위해 발바닥굽힘과 발등굽힘의 각도를 설정한 후 발목의 목표 각도에서 7초간 유지 시킨 후 스스로 목표 각도로 위치하도록 하였다. 이때 대상자는 목표 위치라고 판단되면 ‘그만’이라고 말한 후 위치를 확인하였다. 발바닥굽힘을 먼저 시행하고, 발등굽힘 측정 전에 30초 동안 충분한 휴식을 주었다. 본 연구는 목표 각도를 발바닥굽힘 30°, 발등굽힘 15°로 지정하여, 3회 측정 후 목표 각도에 대한 각도 차의 평균을 구하였다 (Han & Lee, 2018).

#### 2) 바이오텍스 균형 시스템(biodex balance system; BBS)

균형 능력을 측정하기 위하여 바이오텍스 균형 시스템(Biodex balance system, Biodex Medical System, USA)을 이용하였다. 이는 신체를 여덟 방향(앞쪽, 뒤쪽, 왼쪽, 오른쪽, 앞-왼쪽, 앞-오른쪽, 뒤-왼쪽, 뒤-오른쪽)으로 체중이동(weight shift)하는 능력을 평가하기 위한 측정 도구이다. 화면에 보이는 목표점(target point)들이 고정된 상태에서 몸의 무게중심을 이동시켜 목표점에 도달하게 했다. 균형지수인 전 방향 안정성(overall stability index;



Fig 3. Biodex balance system

OSI), 앞·뒷면(anterior posterior index; API), 안·바깥쪽 (medial lateral index; MLI) 3항목을 측정하였다(Fig 3).

### 4. 분석 방법

본 연구에서 수집된 자료는 SPSS ver. 22.0 프로그램 (Statistical Package for the Social Science; IBM, Armonk, USA)을 사용하여 통계처리 하였으며, 모든 항목의 측정치는 기술통계를 사용하여 분석하여 평균±표준편차 (mean±SD)로 기술하였다. 정규성 검정은 일·표본 Kolmogorov-Smirnov 검정을 이용하였다. 집단 내 중재 방법에 따른 종속변수의 중재 전·후 비교를 위하여 대응 표본 t-검정(paired t-test)을 사용하였고, 집단 간 중재 방법에 따른 종속변수의 변화량을 비교하기 위하여 독립 표본 t-검정(independent t-test)을 사용하였다. 모든 통계적 유의수준은  $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

## Ⅲ. 연구결과

### 1. 대상자의 일반적 특성

본 연구의 대상자는 36명으로 Group 1에 18명, Group 2에 18명으로 배정하였다. 대상자의 일반적 특성은 연령, 신장, 체중, BMI이 평가되었고, 그룹 간 동질성을 검정한 결과 유의한 차이가 없어 집단 간 일반적 특성이 동질한 것으로 나타났다( $p > .05$ )(Table 2).

### 2. 고유수용성감각 변수의 변화

운동 중재에 따른 그룹 내 고유수용성감각의 변화를 비교한 결과 Group 1에서 발등 굽힘(DF)과 발바닥 굽힘(PF) 모두 운동 전·후 유의하게 감소하였으며( $p < .05$ ), Group 2에서도 운동 전·후 유의하게 감소하였다( $p < .05$ ). 운동 중재에 따른 그룹 간 운동 전·후 차를 비교했을 때 발등 굽힘(DF)과 발바닥 굽힘(PF) 모두 차이가 유의하지 않았다( $p > .05$ )(Table 3).

Table 2. General characteristics of the subjects (n=36)

	Group 1 (n=18)	Group 2 (n=18)	<sup>2</sup> /t(p)
Gender (M/F)	10 / 8	9 / 9	.727(.394)
Age (years)	20.21±.58	21.29±1.93	-.033(.974)
Height (cm)	166.64±9.39	167.43±8.91	-1.152(.249)
Weight (kg)	66.50±20.32	66.93±16.31	-1.614(.107)
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	23.47±4.89	23.55±4.15	-1.624(.757)

Mean±SD, Group 1; whole body vibration exercise, Group 2; TOGU exercise, BMI; body mass index

Table 3. Comparison of proprioception between pre and post exercise (n=36)

		Group 1 (n=18)	Group 2 (n=18)	t(p)
DF (°)	Pre	5.99±2.02	5.09±2.94	1.121(.631)
	Post	3.12±2.95	2.08±2.76	
	Diff	2.87±1.85	3.01±2.70	-.543(.164)
	t(p)	5.815(.012)	6.161(.012)	
PF (°)	Pre	5.86±3.00	5.76±3.17	.904(.746)
	Post	3.40±3.93	3.92±3.23	
	Diff	2.46±3.57	1.84±2.70	1.314(.268)
	t(p)	4.141(.026)	3.718(.027)	

Mean±SD, Group 1; whole body vibration exercise, Group 2; TOGU exercise, DF; dorsi-flexion, PF; plantar-flexion, Diff; Difference(Pre-Post)

3. 균형능력 변수의 변화

운동 중재에 따른 그룹 내 균형능력 변수의 변화를 비교한 결과 Group 1에서 전체 균형 지수(OAI)과 전·후방 균형 지수(API) 그리고 내·외측 균형 지수(MLI) 모두에

서 운동 전·후 유의하게 감소하였으며(p<.05), Group 2에서도 모든 방향으로의 균형변수가 운동 전·후 유의하게 감소하였다(p<.05). 운동 중재에 따른 그룹 간 운동전·후 차를 비교했을 때 모든 방향으로의 균형변수 모두에서 차이가 유의하지 않았다(p>.05)(Table 4).

Table 4. Comparison of balance between pre and post exercise (n=36)

		Group 1 (n=18)	Group 2 (n=18)	t(p)
OAI	Pre	4.07±1.14	4.11±1.21	-1.469(.901)
	Post	1.51±.78	2.00±.51	
	Diff	2.56±3.00	2.11±1.46	1.698(.249)
	t(p)	5.957(.000)	5.241(.014)	
API	Pre	2.66±.62	2.65±1.02	.395(.541)
	Post	1.09±.34	1.36±.48	
	Diff	1.57±1.83	1.29±1.17	.904(.329)
	t(p)	7.680(.001)	4.011(.012)	
MLI	Pre	2.67±1.22	2.61±.94	1.023(.903)
	Post	1.05±.71	1.27±.42	
	Diff	1.62±2.85	1.34±2.02	.991(.362)
	t(p)	4.144(.001)	4.309(.009)	

Mean±SD, Group 1; whole body vibration exercise, Group 2; TOGU exercise, OAI; overall stability index, API; anterior & posterior index, MLI; medial & lateral index, Diff; Difference(Pre-Post)

## IV. 고 찰

발목관절은 선 자세에서 균형을 유지하는데 가장 먼저 사용되며, 지지면의 변화와 발이 상호작용하는데 가장 중요한 역할을 한다. 자세동요에 대응하는 균형전략은 발목전략과 엉덩전략이 있으며, 발목전략은 흔들림의 정도가 적은 상황에서 사용된다. 자세동요가 안정성의 한계를 넘어서게 되면 엉덩전략을 사용하거나 두 전략이 같이 사용되게 된다(Han & Lee, 2018). 때문에 발목관절의 불안정성을 가진 사람은 균형능력이 감소되는 경향을 보인다. Kim 등(2013)은 발목 불안정성 여부에 따른 균형능력의 차이를 비교한 연구에서 발목 불안정성이 있는 그룹이 안정성이 있는 그룹에 비해 균형능력이 더 낮은 것으로 보고하였다.

균형은 정지해 있거나 움직이는 동안 넘어지지 않기 위해 바닥면에 신체중심을 유지할 수 있는 능력이다(Han & Lee, 2018). 균형을 유지하기 위해서는 감각정보의 통합, 중추신경계의 조절, 생체 역학적인 요소가 복합적으로 작용하게 된다. 그 중 외부 환경변화에 자세 정렬을 지속적으로 유지하기 위해서는 고유수용성감각 정보에 의존하게 되며, 균형을 유지하는데 가장 기본이 되는 감각정보라 할 수 있다(Duncan 등, 1990). Kristianslund 등(2011)은 발목주위 근육의 근력과 고유수용성 감각이 정상적으로 기능할 때 비로소 발목의 안정성이 유지되며, 균형능력이 향상된다고 하였다. 또한 이들 요소 중 한 부분이라도 기능에 이상이 생기면 균형에 문제가 된다. 때문에 발목의 안정성을 향상시키기 위해서는 고유수용기를 자극하는 균형훈련이 필요하다.

불안정 지지면 훈련이 발목 불안정자의 재활에 긍정적 효과가 있다는 선행연구가 보고 되었지만, 불안정 지지면 훈련에 해당하는 전신 진동운동은 대부분이 체간 안정화 운동에 제한적으로 적용되었다. 따라서 본 연구에서는 전신진동기와 토구를 이용해 지지면을 다르게 적용한 불안정 지지면 훈련이 발목불안정자의 고유수용성 감각과 균형에 미치는 영향을 알아보고 두 가지 훈련 방법의 효과 차이를 비교하고자 하였다.

본 연구의 결과 두 그룹 모두 운동 후 고유수용성 감각이 유의하게 향상되는 결과를 보였다( $p < .05$ ).

Koh(2008)는 아급성기 발목불안정자를 대상으로 균형원판 운동을 포함한 고유감각훈련을 적용하여 관절위치각과 정적·동적 안정성에서 유의한 향상이 있었고, Han과 Lee(2018)의 연구에서는 비만중년 여성을 대상으로 한 불안정 지지면 균형훈련이 고유수용성 감각과 균형에 긍정적 효과가 있음을 보고 하였다. 이는 본 연구의 결과와 일치하는 것으로 이와 같은 결과는 불안정지지면에 의해 발생한 다양한 축으로의 모멘트 부하가 발목관절 주위의 구심성 자극을 제공했고, 이를 통해 발목의 위치감각과 신경근 조절 능력이 향상된 것으로 사료된다. Streckmann 등(2019)은 진동자극이 감마 운동신경원을 자극해 근방추를 민감하게 만들며, 결과적으로 자세반사가 활성화 되어 운동출력이 개선되는 효과가 있다고 하였다. 또한 근복(muscle belly)이나 건에 적용된 35-45 Hz의 진동자극은 알파 운동신경을 활성화 시켜 근활성도를 높임과 동시에 근력이 향상되는 효과가 있음을 보고하였다(Marin & Cochrane, 2021; Seixas 등, 2020). 따라서 본 연구의 결과와 선행연구의 결과를 종합해 볼 때 진동자극을 통한 불안정 지지면 훈련은 고유수용성 감각을 향상시키는 효과가 있는 것으로 사료된다.

본 연구의 결과 운동 후 두 그룹 모두 균형능력이 유의하게 향상되는 결과가 나타났다( $p < .05$ ). Kim(2014)은 기능적 발목 불안정성 환자를 대상으로 TOGU를 활용한 불안정지지면 훈련을 적용하여 균형능력이 유의하게 향상되는 되었고, Jin 등(2018)의 연구에서는 만성 발목 불안정 성인을 대상으로 전신진동 자극 훈련을 통해 발목 불안정 지수와 균형능력에서 긍정적 효과가 나타났다. 이는 본 연구의 결과와 일치하는 것으로 이와 같은 결과는 불안정 지지면 훈련이 체중부하를 견뎌야 하는 닫힌 사슬 운동이면서 자세 동요에 반응하는 동안 관절 주변 근육의 협력 수축이 불안정한 발목의 근력 향상과 신경근 조절 능력의 향상에 기여했을 것으로 사료된다.

본 연구에서 입증된 균형능력의 향상은 발목 고유수용성감각의 회복에 의한 신경근 조절능력 회복의 결과일 수 있다. Kang 등(2013)의 연구에서는 4주간의 균형원판을 활용한 불안정 지지면 훈련이 발목 주위의 근육을 강화시키고, 고유수용성 감각의 회복과 함께 발목주위 근육의 수축 지연시간을 단축시키는 연구결과를 보고 하였다. 발목 뺨을 경험한 만성 발목불안정 환자는

발목의 기계적 수용기 손상과 함께 신경근 조절 능력이 감소되며, 균형을 유지하기 위한 발목근육의 반응 시간이 길어지게 된다(Babakhani 등, 2020; Martin 등, 2013). 발목 뺨은 과도한 안쪽돌림, 발바닥쪽굽힘, 그리고 모음(안쪽돌림)의 전형적인 결합으로 발생하게 되며, 이와 같은 갑작스런 방향 전환 움직임에 직면했을 때 앞정강근과 긴종아리근은 빠른 반사적 수축을 통해 손상에 대처할 수 있게 된다(Gehring 등, 2013). 때문에 근 수축 지연은 발목불안정에 의한 재손상의 위험이 되며, 근 수축 지연은 외부 환경변화에 대한 근육의 반사적 대응이 늦춰지는 것을 의미한다. Kummel 등(2016)은 발목주변 근육의 보다 빠른 안정성 회복을 위해서 다축 지지면에서의 협응운동이 필요하다고 하였다. 따라서 불안정지지면에서 시행된 균형훈련이 발목주변 근육의 수축지연을 개선하였다는 선행연구의 결과는 고유수용성 감각과 신경근 자세 반사의 기능이 회복되었다는 증거가 될 수 있다. 이러한 내용을 종합해 볼 때 본 연구의 결과에서 발목관절의 고유수용성감각 변화는 균형능력의 향상에 관련이 있는 것으로 사료된다.

Ha 등(2018)은 불안정지지면에서의 균형훈련과 일반적 근력 운동을 시행하고 고유수용성 감각과 동적·정적 균형능력의 변화를 비교하였다. 운동 후 실험군에서는 유의한 향상이 나타났지만 대조군에서는 차이가 유의하지 않았다. 뿐만 아니라 Moezy 등(2008)의 연구에서는 전신 진동운동이 일반적 재활운동을 시행했을 때 보다 고유수용성감각과 자세 안정성이 유의하게 향상 되었다고 하였다. 이러한 선행연구의 결과는 전신진동기와 토구를 이용한 본 연구의 운동 방법이 다른 일반적 운동에 비해 고유수용성 감각과 균형능력에 효과적임을 보여주고 있다. 하지만 전신진동기와 토구의 지지면에 따른 운동 효과는 차이가 없는 것으로 나타났다. 전신진동기와 토구는 모두 불안정한 지지면을 제공하는 도구이지만 전신진동기는 기계적으로 인위적인 흔들림을 만들어낸다는 점에서 토구와 차이점이 있다. Kim과 Kim(2009)는 치료용 공과 전신진동기를 이용한 교각운동을 통해 자세 안정근의 근활성도와 자세 안정성에 미치는 영향을 비교한 연구에서 근활성도와 안정성 한계가 운동 후 향상되었지만 그룹 간 유의한 차이를 보이지 않았다. 발목 불안정에 적용한 선행연구가 없어 직접적인 비교는 어

렵지만, 전신진동기와 토구와 유사한 효과는 보이는 것으로 사료된다.

본 연구의 제한점은 대상자의 수가 적고 연령이 20대에 국한되어있어 일반화가 어렵다. 또한 대상자의 일상 생활에서 균형에 영향을 줄 수 있는 변수를 통제하지 않아 결과의 해석에 이러한 점을 고려해야할 것이다. 추후 연구에서는 연령을 다양화 하고, 일상생활의 다양한 변수들을 통제해서 연구를 시행한다면 더 좋은 연구결과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

## V. 결 론

본 연구는 전신진동기와 토구를 이용해 지지면을 다르게 적용한 불안정 지지면 훈련이 발목불안정자의 고유수용성 감각과 균형에 미치는 효과를 알아보고자 하였다. 본 연구의 결과 고유수용성 감각은 발등굽힘(DF)과 발바닥굽힘(PF)에서 두 그룹 모두 유의하게 향상되었고, 균형능력지수에서는 전체 균형지수(OAI), 전·후방 균형지수(API), 내·외측 균형지수(MLI)에서 두 그룹 모두 유의하게 향상되었다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때 발목불안정성을 가진 대상자에게 전신진동기를 사용한 불안정 지지면 훈련과 토구를 이용한 불안정 지지면 훈련은 고유수용성 감각과 균형능력에 긍정적 효과가 있을 수 있음을 제안한다. 따라서 발목불안정자의 균형훈련에 전신진동기와 토구를 활용한 불안정 지지면 훈련을 적용하는데 임상적 기초 자료가 될 것으로 사료된다.

## 참고문헌

Babakhani F, Heydarian M, Hatefi M(2020). The immediate effect of kinesiotape and wobble board training on ankle joint position sense in athletes with functional ankle instability. *Journal of Advanced Sport Technology*, 4(2), 49-59.

Burger M, Dreyer D, Fisher RL, et al(2018). The effectiveness of proprioceptive and neuromuscular



- training compared to bracing in reducing the recurrence rate of ankle sprains in athletes: a systematic review and meta-analysis. *J Back Musculoskelet Rehabil*, 31(2), 221-229. <https://doi.org/10.3233/bmr-170804>.
- Delahunt E, Bleakley CM, Bossard DS, et al(2018). Clinical assessment of acute lateral ankle sprain injuries (ROAST): 2019 consensus statement and recommendations of the international ankle consortium. *Br J Sports Med*, 52(20), 1304-1310. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098885>.
- Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, et al(1990). Functional reach: a new clinical measure of balance. *J Gerontol*, 45(6), M192-M197. <https://doi.org/10.1093/geronj/45.6.M192>.
- Ferlinc A, Fabiani E, Velnar T, et al(2019). The importance and role of proprioception in the elderly: a short review. *Mater Sociomed*, 31(3), 219-221. <https://doi.org/10.5455/msm.2019.31.219-221>.
- Gehring D, Wissler S, Mornieux G, et al(2013). How to sprain your ankle—a biomechanical case report of an inversion trauma. *J Biomech*, 46(1), 175-178. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2012.09.016>.
- Ha SY, Han JH, Sung YH(2018). Effects of ankle strengthening exercise program on an unstable supporting surface on proprioception and balance in adults with functional ankle instability. *J Exerc Rehabil*, 14(2), 301-305. <https://doi.org/10.12965/jer.1836082.041>.
- Hall EA, Chomistek AK, Kingma JJ, et al(2018). Balance-and strength-training protocols to improve chronic ankle instability deficits, part I: assessing clinical outcome measures. *J Athl Train*, 53(6), 568-577. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-385-16>.
- Han J, Lee H(2018). The effect of ankle balance training on unstable and stable surface on proprioception, balance and muscle strength in obese middle-aged woman. *J Korean Soc Integr Med*, 6(3), 59-71. <https://doi.org/10.15268/ksim.2018.6.3.059>.
- Herzog MM, Mack CD, Dreyer NA, et al(2019). Ankle sprains in the national basketball association, 2013-2014 through 2016-2017. *Am J Sports Med*, 47(11), 2651-2658. <https://doi.org/10.1177/0363546519864678>.
- Jin YS, Choi YH, Shim JK, et al(2018). Effect of wholebody vibration stimulation according to various frequencies on ankle instability, ankle range of motion and balance ability in adult with chronic ankle instability. *J Korean Soc Phys Med*, 13(1), 63-72. <https://doi.org/10.13066/kspm.2018.13.1.63>.
- Kang D, Yu I, Lee G(2013). The effects of knee extensor, flexor muscle strength and joint position sense in squat exercise on variety surface. *J Korean Soc Integr Med*, 1(2), 47-57. <https://doi.org/10.15268/ksim.2013.1.2.047>.
- Kim KJ(2012). The effect of strength and proprioception combined training on functional ankle instability. Graduate school of Dongshin University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Kim KJ, Jega H, Jun HJ, et al(2013). The comparison of balance using Cumberland ankle instability tool to stable and instability ankle. *J Korean Soc Phys Med*, 8(3), 361-368. <https://doi.org/10.13066/kspm.2013.8.3.361>.
- Kim TH, Kim EO(2009). Effect of bridging exercise using Swiss ball and whole body vibration on trunk muscle activity and postural stability. *J Korea Cont Assoc*, 9(12), 348-356. <https://doi.org/10.5392/JKCA.2009.9.12.348>.
- Kim Y, Lee J, Park S, et al(2016). Effects of lumbar stability exercise on the muscle thickness and contraction time using sound wave vibrator and Swiss ball. *J Korean Soc Integr Med*, 4(1), 85-97. <https://doi.org/10.15268/ksim.2016.4.1.085>.
- Kim YM(2014). Comparison of the effects of balance training on the stable and unstable supporting surfaces for the functional ankle instability. *J Korean Acad Orthop Man Phys Ther*, 20(2), 1-7.
- Koh DH(2008). The effect of a proprioceptive exercise program for pain range of motion proprioception stability of subacute ankle sprain, Graduate school of Sahmyook University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Koshino Y, Samukawa M, Chida S, et al(2020). Postural

- stability and muscle activation onset during double-to single-leg stance transition in flat-footed individuals. *J Sports Sci Med*, 19(4), 662-669.
- Kristianslund E, Bahr R, Krosshaug T(2011). Kinematics and kinetics of an accidental lateral ankle sprain. *J Biomech*, 44(14), 2576-2578. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2011.07.014>.
- Kümmel J, Kramer A, Giboin LS, et al(2016). Specificity of balance training in healthy individuals: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med*, 46(9), 1261-1271. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0515-z>.
- Lim SW, Kim SH, Kim YN, et al(2010). The effect of balance training on balance ability and ankle joint muscle activity. *Journal of the Korean Academy of Clinical Electrophysiology*, 8(2), 13-18. <https://doi.org/10.5627/KACE.2010.8.2.013>
- Lee AJ, Lin WH(2008). Twelve-week biomechanical ankle platform system training on postural stability and ankle proprioception in subjects with unilateral functional ankle instability. *Clin Biomech*, 23(8), 1065-1072. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2008.04.013>.
- Marin PJ, Cochrane DJ(2021). The effects of whole-body vibration on EMG activity of the lower body muscles in supine static bridge position. *J Musculoskelet Neuronal Interact*, 21(1), 59-67.
- Martin RL, Davenport TE, Paulseth S, et al(2013). Ankle stability and movement coordination impairments: ankle ligament sprains: clinical practice guidelines linked to the international classification of functioning, disability and health from the orthopaedic section of the American Physical Therapy Association. *J Orthop Sports Phys Ther*, 43(9), A1-A40. <https://doi.org/10.2519/jospt.2013.0305>.
- Moezy A, Olyaei G, Hadian M, et al(2008). A comparative study of whole body vibration training and conventional training on knee proprioception and postural stability after anterior cruciate ligament reconstruction. *Br J Sports Med*, 42(5), 373-385. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2007.038554>.
- Seixas A, Sañudo B, Sá-Caputo D, et al(2020). Whole-body vibration for individuals with reconstructed anterior cruciate ligament: A systematic review. *Biomed Res Int*, 2020, Printed Online. <https://doi.org/10.1155/2020/7362069>.
- Streckmann F, Lehmann HC, Balke M, et al(2019). Sensorimotor training and whole-body vibration training have the potential to reduce motor and sensory symptoms of chemotherapy-induced peripheral neuropathy—a randomized controlled pilot trial. *Support Care Cancer*, 27(7), 2471-2478. <https://doi.org/10.1007/s00520-018-4531-4>.