

Original Article

Open Access

발내재근 운동이 발목 불안정성 환자의 균형, 근력 및 진동감각역치에 미치는 효과

김진홍 · 이동진¹ · 이은상[†]

근로복지공단 인천병원 재활의학연구센터, ¹광주보건대학교 물리치료학과

Effects of Intrinsic Foot Muscle Exercise on Dynamic Balance, Strength, and Vibration Threshold Sense in Persons with Ankle Instability

Jin-Hong Kim, P.T., Ph.D. · Dong-Jin Lee, P.T., Ph.D.¹ · Eun-Sang Lee, P.T., Ph.D.[†]

Clinical Rehabilitation Research Center, Korea Worker's Compensation & Welfare Service, Incheon Hospital, Incheon, Republic of Korea.

¹*Department of Physical Therapy, Gwang-ju Health University, Gwangju, Republic of Korea*

Received: February 25, 2020 / Revised: March 25, 2020 / Accepted: March 25, 2020

© 2020 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

| Abstract |

Purpose: The purpose of the study was to investigate the effects of visual feedback exercise (VFE), sandal exercise (SE), and thera-band exercise (TE) on people with functional ankle instability.

Methods: The 45 study participants were divided into three groups of 15. In the VFE group, participants performed short-foot exercises using visual feedback; the SE group performed sandal exercises, and the TE group performed thera-band exercises. Over a period of 8 consecutive weeks, the experimental groups exercised for 15 minutes per session, four times per week. Balance was measured using the Biodex Balance System for dynamic balance ability (overall balance index [OBI], mediolateral balance index [MBI], and anteroposterior balance index [ABI]). Vibration threshold sense (VTS) was assessed using a vibratory sensory analyzer. Ankle muscular strength was measured using the Biodex 4 Pro. The main outcome measures were assessed at baseline and after 8 weeks of training.

Results: Significant improvements in dynamic balance were noted in all three groups ($p < 0.05$). Significant improvements in VTS and muscular strength were also noted in the VFE and TE groups but not in the SE group ($p < 0.05$).

Conclusion: Appropriate environmental and situational mediation may be of great clinical significance for patients suffering from chronic ankle instability. It is hoped that the findings will inform a program for prevention of ankle instability.

Key Words: Ankle instability, Balance, Visual feedback exercise, Sandal exercise, Thera-band exercise

[†]Corresponding Author : Eun-Sang Lee (eslee@ghu.ac.kr)

I. 서론

오늘날 우리 사회에서 현대화된 문명의 발달과 생활방식의 변화로 인한 보행 빈도 감소와 미용 목적의 하이힐, 구두 등을 이용하면서 발목 불안정성의 위험을 높이는 원인이 되고 있다. 발목 불안정성은 외부에 가해진 힘이 발목의 근육 섬유의 탄성 한계를 초과할 경우, 이로 인해 비가역적 손상이 일어나는 경우를 말한다(Kim, Park et al. 2018). 주요 원인에는 종아리근의 약화, 고유수용성 감각의 결함, 기계적인 불안정성, 균형의 결핍과 관련이 있다고 알려져 있다(Alt et al., 1999).

만성 발목 불안정성을 치료하기 위한 방법으로 관절의 자세 조절을 위한 고유수용성 감각운동을 많이 사용하였다(Balogun et al., 1992, Na et al., 1999). 또한 최근에는 발 내재근(foot intrinsic muscle) 강화 운동이 만성 발목 불안정성 환자에게 효과적인 치료방법으로 각광받고 있다(Headlee et al., 2008).

발 내재근은 보행 중 발의 만곡을 유지하고 발의 안정화 및 몸의 균형에 영향을 가져오는 기능적 근육이다(Simons & Travell, 1999, McKeon et al., 2015). 발 내재근의 안정성을 향상하기 위해 발의 아치를 잡아당기는 단축 발 운동이(short foot exercise, SFE) 현재 임상에서 많이 사용되고 있다. 단축 발 운동은 발 내재근들을 활성화 시켜 세로 아치와 가로 아치를 능동적으로 유지해준다. 발의 안쪽세로 아치의 유지에는 발 내재근의 근력, 지구력, 신경 근육성 조절이 영향을 미친다. 또한 단축 발 운동은 근육의 불균형을 해결하고 고유 수용성 감각과 자세의 안정성을 향상할 수 있다는 연구 결과가 밝혀진 바가 있다(Lynn et al., 2012).

본 연구에서 단축 발 운동과 더불어 PEDROSCAN (PEDROSCAN, Diers international GmbH, Germany)을 이용하여 시각적 되먹임 훈련을 실시하고자 한다. PEDROSCAN은 균형을 측정하기 위해 선 자세에서 양쪽 발에 가해지는 족저압을 측정하기 위한 기구이다(Choi & Nam, 2014). 시각적 되먹임이란 자율신경계

지배하에 의식적 조절이 불가능한 생체적 반응을 본인 스스로 조절할 수 있도록 도와주는 훈련이다(Blanchard, 1990). 목표를 구체적이고 명확하게 제시할 수 있어 정확한 운동 표상을 형성하는데 도움을 주며 관찰을 통한 반복적 움직임은 신경가소성을 유발해 기능적 움직임에 효과적인 영향을 줄 수 있다(Dombovy, 2004, Lacourse et al., 2005).

또한 샌들 운동은 하체 안정성과 더불어 고유수용성 감각을 향상해주는 닫힌 사슬 운동으로, 샌들은 코르크 샌들의 고무 밑창 중앙 아래에 하나의 라크로스 공을 덧댄 도구이다. 샌들 운동은 다양한 정적 및 동적 운동을 하는 동안 앞 정강근, 가자미근, 긴 종아리근, 장딴지근 근육의 활성도를 높인 연구가 있다(Blackburn et al., 2003). 이론적으로, 샌들 운동은 자세의 안정성을 개선시킬 수 있는 균형운동으로 알려져 있다(Michell et al., 2006).

Thera-band 운동은 초기에는 Short Foot자세에서 발꿈치 뼈 윗면에 비탄력성 테이프를 사용하여 Thera-band를 고정된 후 밴드를 신장시켜 발의 첫째 중간 발가락뼈와 다섯 번째 중간 발가락뼈에 부착을 시킨다(Page, 2006) 세라밴드 운동은 단축성 수축을 유발하는데, 단축성 수축은 신장성 수축에 비하여 근·골격계에 있어서 걸리는 부담이 적고 고유수용성 감각 향상에 좋으며(Mayer et al., 1999), 근 토크 생산에 있어서 효과가 크다고 보고되었다(Chena et al., 1991).

하지만 앞서 소개한 치료적 중재 방법들은 고유수용성 감각운동에 비해 국내에서의 연구가 부족한 실정이다. 그래서 본 연구에서 발목 불안정성으로 확인된 사람들을 대상으로 발 내재근 강화를 위한 단축 발 운동의 3가지 방법(시각적 되먹임 운동, 샌들 운동, 세라 밴드운동)을 이용한 중재 시 발목의 균형, 근력 및 진동역치감각에 미치는지 영향을 알아보고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 광주광역시에 소재한 G대학에서 발목 염좌를 경험한 성인 남녀를 대상으로 연구의 목적과 절차에 대해 설명을 듣고 참여하기로 동의한 150명을 대상으로 하였다. 이중 선발 기준 및 제외 기준에 충족한 자로 연구를 진행하였다. 선발기준은 다음과 같다. 1) Cumberland ankle instability tool (CAIT) 점수 24점 이하인 자(Hiller et al., 2006). 2) 연구에 대한 설명을 이해하고 동의한 자로 선정하였다. 또한 제외 기준은 다음과 같다. 1) 최근 1개월 이내 발목 염좌 치료를 받은 자. 2) 과거 하지 골절로 인해 수술 경력이 있는 자. 3) 하지에 이상 감각이 있는 자. 4) 전정기관 및 감각이상으로 인한 균형에 이상이 있는 자. 5) 현재 발목관절 및 균형기능의 향상을 위해 연구기간 중 다른 운동 프로그램에 참여한 자. 위와 같이 선발기준과 제외 기준을 만족한 45명을 무작위 추출 방법으로 15 명씩 3그룹으로 분류하였다.

2. 측정 방법 및 도구

1) 균형측정

균형 지수를 측정하기 위해 균형 측정 장비인 BBS (Biodex Balance System SD, Biodex Inc., USA)를 사용하였고, 힘 판은 컴퓨터 소프트웨어(Biodex, 950-302, Biodex Inc., USA)가 연결되어 균형 지수를 전송하게 된다. 균형 측정은 전체 균형 지수(overall balance index, OBI), 전·후 균형 지수(anteroposterior balance index, ABI), 좌·우 균형 지수(mediolateral balance index, MBI)로 나타난다. 대상자는 힘 판 위에 맨발로 서서 위치하고 대상자의 정보를 입력 후 모니터 화면의 중심점에 발을 움직여 맞추면 그 중심점이 기록이 되고 발의 좌표는 수동으로 측정하여 입력한다. 발의 위치는 변화시키지 않고 체중심을 이동하여 유지하게

한 후 30초간 중심점의 이동을 기록하였다. 결과 값으로는 0에서 9까지의 숫자로 수집되면 0은 안정화된 상태이고 9는 불안정한 상태로 평가하였다. 동적균형의 경우 동적 힘 판 위에서 자동으로 1단계~12단계까지 변화시켜 30초간 전·후, 좌·우 흔들림으로 3회 반복하여 측정하고 측정 간 휴식 시간은 1분으로 하였다(Ibrahim et al., 2016).

2) 진동감각역치검사

발목의 불안정성을 가진 대상자들을 대상으로 진동감각 검사를 실시하기 위해 VTS (Vibration Threshold Sense-II, Medoc Inc., Ramat Israel)을 사용하여 진동감각을 느끼는 수용기인 발의 안쪽 복사뼈의 정중양부에 대한 진동을 역치 값으로 분석하였다(Lin et al., 2005). 측정을 하기 위해 바로 누운 자세에서 지름 12mm의 진동부를 환측 발목 안쪽 복사뼈에 위치시킨 후 플랫폼에 내장되어있는 50g의 제어 압을 사용하였으며, 100Hz의 진동을 1 μ m/s의 속도로 점차 증가시켜 환자가 진동을 느껴지는 순간 “YES” 버튼을 누르게 해 1회에 3번씩 2회로 나누어 총 6번을 측정하였다.

3) 근력 검사

Biodex System 4 Pro (Biodex System 4 Pro, Biodex medical system Inc., USA)을 이용하여 발목관절의 운동능력을 측정하였다. 대상자는 약간 뒤로 기울어지게 앉고 무릎을 굽힌 상태에서 진행되었고, 자신의 신발을 착용 상태에서 2개의 스트랩으로 발을 고정하였다. 그리고 대상자의 몸을 안정시키기 위해 허벅지와 허리 주위에 각각 하나의 스트랩으로 고정하였다. 운동범위는 가쪽 변침 15도와 안쪽 변침 20도로 설정하였고, 중립 위치는 동력계 받침판 상단의 각도기를 사용하여 조정하였다. 대상자는 가쪽 변침과 안쪽 변침에 대한 등속성 운동을 2회씩 수행했고, 가쪽 변침과 안쪽 변침 운동 사이에 10초간 휴식시간을 주었다(Tankevicus et al., 2013).

3. 실험절차

본 연구는 45명을 대상으로 무작위 추출 방법을 이용하여 시각적 되먹임 운동(visual feedback exercise, n=15)군, 샌들 운동(sandal exercise, n=15)군, 세라밴드(Thera-band exercise, n=15)군으로 나뉘 8주간 일주일에 4번, 총 5분씩 3세트 (총 15분)로 구성하였다. 세트 간 2분의 휴지기를 가졌다. 실험 전·후, 전체 전·후 좌·우 동적 균형검사(overall, mediolateral, anteroposterior balance index), 근력 검사(발목관절 내·외번), 진동감각 역치 검사(vibration threshold sense)를 실시하였다.

1) 시각적 되먹임 운동(visual feedback exercise)

단축 발(short foot exercise) 운동은 발목관절에 영향을 주는 운동으로 체중을 실은 상태에서 발의 앞뒤를 모은다는 느낌으로 당겨 안쪽 아치를 상승시킨다(Han, 2014). 시각적 정보를 통해 자기 스스로 교정이 가능하도록 뇌와 운동 수행 영역에 반복적인 자극을 주어 훈련의 효과를 극대화하는 시각적 되먹임을(Carey et al., 2002) 이용하여 운동을 실시하였다. Plate에서 단축 발 운동을 실시할 때 엄지의 몸 쪽 마디관절을 뒤꿈치 쪽으로 끌어당긴 후 5초 동안 유지하였다. 이때 발가락에 굽힘이 일어나지 않게 한다. 운동 프로그램은(Jung et al., 2011; Moon et al., 2014)등의 선행 논문을 참고하여 총 8주 주 4회로 이루어지며 1주에서 4주는 앉은 자세에서 시각적 피드백을 주는 PEDOSCAN (PEDOSCAN, Diers international GmbH, Germany)의 발판에 발을 올려놓고 운동을 실시하고 4주에서 8주는 선 자세에서 5초씩 유지하며 5분씩 3세트를 시행한다.

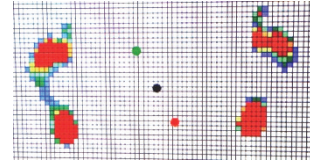


Fig. 1. Normal pressure.

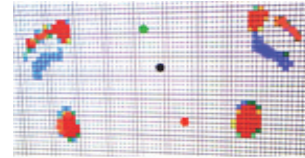


Fig. 2. Visual feedback exercise.

2) 샌들운동(sandal exercise)

Blackburn 등(2003)의 선행 논문을 참고하여 운동방법을 선정하였다(Blackburn et al., 2003). 운동프로그램은 주 4회, 1회당 5분씩 3세트로 8주간 진행되고, 1주에서 2주 차 동안에는 보행을 실시하여 sandal에 적응을 시키고, 하체 균형 및 발목의 근육 및 발 내재근의 강화를 기능적으로 수행시킨다. 3주에서 5주 차에는 옆으로 걷기를 수행시킨다. 좌·우로 한 발씩씩 빠르게 움직여서 발 내재근의 근력과 민첩성을 더욱 강화시키는 운동방법이다. 6주에서 8주 차에는 발의 근력과 긴장도를 최대치로 높일 수 있도록 달리기를 실시한다. 샌들의 형태는 다음과 같다(Fig. 3).



Fig. 3. Sandal exercise.

3) 세라밴드운동(Thera-band exercise)

세라밴드운동은 발꿈치 뼈 용기부터 세라 밴드를 고정한 후 밴드를 신장시켜 발의 첫째 중간 발가락뼈와 다섯 번째 중간 발가락뼈에 부착을 함으로써 Thera-band의 장력에 의해 발 내재근은 지속적으로 신장성 수축을 유발하는 운동을 말한다. 테이프는 비 탄력성 테이프가 탄력성 테이프보다 제한력이 우수하다는 선행 연구를 바탕으로 본 연구에서도 비 탄력성 테이프를 적용하였다(Ahn & Kim 2008)(Fig. 4). 운동 프로그램은 주 4회, 1회당 5분씩 3세트로 8주간 진행을 한다. 1주에서 2주 차 동안에는 약한 강도를 가진 노란색 세라 밴드를 적용한 상태에서 전방으로 평지보행을 실시하고 3주에서 5주 차에는 중간 정도의 강도를 가진 빨간색 밴드를 사용하여 평지에서 좌·우로 한 발씩 빠르게 움직이는 옆으로 걷기를 실시한다. 6주에서 8주 차에는 강한 강도를 가진 녹색 밴드를 적용한



Fig. 4. Thera band exercise.

상태에서 발의 근력과 긴장도를 최대한으로 높일 수 있도록 밸런스 패드 위에서 한 발로 균형 잡기를 실시한다.

4. 자료 분석

본 연구의 자료처리는 SAS 9.4(SAS Institute, Inc., USA) 통계프로그램을 이용하였다. 모든 자료는 Shapiro-Wilks 검증을 통해 정규성 검정을 하였고, 연구 대상자의 일반적 특성은 기술통계를 이용하였으며, 집단 내 훈련 전·후 유의성 검정은 대응표본 t 검정을 하였다. 치료 전·후 차이값에 대한 집단 간 유의성 검정은 일원분산분석(One-way ANOVA)을 사용하였고, 사후 검정으로 Scheffe's 검정을 사용 하였다. 유의수준 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

III. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

본 연구에 참여한 참가자들의 특성은 다음과 같다 (Table 1).

2. 발내재근 운동에 따른 동적 균형의 변화

모든 군에서 실험 전·후 overall balance index (OBI), mediolateral balance index (MBI), anterioposterior balance index (ABI)의 값이 통계적으로 유의한 변화가

Table 1. Description of subject's baseline characteristics (n=45)

	VFE group (n=15)	SE group (n=15)	TE group (n=15)	<i>p</i>
Gender (male/female)	6/9	7/8	5/10	ns
Age (Year)	22.60±1.88	22.47±1.30	21.00±0.84	ns
Height (cm)	165.20±7.12	164.00±8.07	167.33±7.24	ns
Weight (kg)	62.60±9.31	60.33±10.18	65.40±9.70	ns

VFE: visual feedback exercise, SE: sandal exercise, TE: Thera-band exercise
Values are presented as mean ± standard deviation.

일어났으며($p<0.05$)(Table 2), 특히 MBI에서는 세 군의 전 후 변화량에 대한 그룹 간 비교에서도 통계적으로 유의한 값을 나타냈다($p<0.05$)(Table 2).

($p<0.05$)(Table 3), 또한 세 군의 전 후 변화에 대한 그룹 간 비교에서도 통계적으로 유의한 값을 나타냈다($p<0.05$)(Table 3).

3. 발내재근 운동에 따른 진동감각역치의 변화

4. 발내재근 운동에 따른 근력검사의 변화

시각 되먹임 운동군과 세라밴드 운동군에서 실험 전 · 후 값이 통계적으로 유의한 변화가 일어났으며

샌들 운동군을 제외한 두 군에서 내번 및 외번의 근력 측정값에서 통계적으로 유의한 변화가 일어났으며

Table 2. Comparison of dynamic balance within groups and between groups (n=45)

	VFE group (A) (n=15)	SE group (B) (n=15)	TE group (C) (n=15)	<i>f (p)</i> Post hoc	
OBI (cm)	Pre	2.37±0.64*	1.47±0.56	2.27±1.25	
	Post	1.17±0.44	0.97±0.50	1.05±0.54	
	Post-pre	1.21±0.61	0.50±0.53	1.23±1.39	2.99(0.06)
	<i>t(p)</i>	7.71(0.00 [†])	1.60(0.02 [†])	3.42(0.04 [†])	
MBI (cm)	Pre	2.15±0.90	0.95±0.52	2.49±1.51	
	Post	0.85±0.47	0.56±0.31	0.68±0.34	
	Post-pre	1.30±0.96	0.39±0.56	1.82±1.56	6.42(0.00 [†]) B C
	<i>t (p)</i>	5.27(0.00 [†])	2.70(0.02 [†])	4.51(0.00 [†])	
ABI (cm)	Pre	1.66±0.41	0.99±0.36	1.59±0.84	
	Post	0.90±0.43	0.74±0.39	0.78±0.50	
	Post-pre	0.76±0.59	0.25±0.30	0.81±0.99	3.10(0.06)
	<i>t (p)</i>	4.99(0.00 [†])	3.21(0.01 [†])	9.26(0.01 [†])	

Note. Values are presented as mean ± SD*.

VFEG: visual feedback exercise, B:sandal exercise, C: Thera-band exercise

OBI: overall balance index, MBI: mediolateral balance index, ABI: anteroposterior balance index.

[†]: $p<0.05$

Table 3. Comparison of vibration threshold sense within groups and between groups (n=45)

	VFE group (A) (n=15)	SE group (B) (n=15)	TE group (C) (n=15)	<i>f (p)</i> Post hoc	
VTS (<i>mm</i>)	Pre	4.03±3.15*	3.97±1.79	3.30±2.00	
	Post	3.31±2.94	3.73±1.78	2.58±1.95	
	Post-pre	0.72±0.64	0.24±0.59	0.72±0.14	4.48(0.02 [†]) A, C B
	<i>t (p)</i>	4.39(0.00 [†])	1.60(0.13)	20.71(0.00 [†])	

Note. Values are presented as mean ± SD*.

VFEG: visual feedback exercise, SEG: sandal exercise, TEG: Thera-band exercise

VTS: vibration threshold sense.

[†]: $p<0.05$

며($p<0.05$)(Table 4), 특히, 외번의 근력 측정값에서는 세 군의 전 후 변화에 대한 그룹 간 비교에서도 통계적으로 유의한 값을 나타냈다($P<0.05$)(Table 4).

IV. 고찰

발목 불안정성은 보존적 치료만으로 통증을 줄일 수 있지만 사후 관리에 소홀하면 재발률이 높고 만성적인 문제로 진행되는 경우가 빈번하다(Verhagen & Bay, 2010). 최근 발 내재근 강화를 위한 단축발 운동이 발목 불안정성을 갖고 있는 사람들의 동적균형, 발목 불안정성 검사, 체성감각에서 탁월한 효과가 있다는 연구 결과를 보였다(Lee et al., 2019). 현재 임상에서 만성 발목 불안정성 환자들을 대상으로 발 내재근 강화를 위한 단축발 운동을 실시하고 있다. 하지만 다양한 운동방법에 대한 임상적 근거가 충분하지 않다. 그래서 본 연구에서는 발 내재근 강화를 위해 1)시각적 피드백, 2)샌들, 3)세라밴드를 이용한 단축발 운동이 동적균형, 진동감각 역치 검사, 근력 검사에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보았다.

균형은 보행과 움직임의 필수적인 요소로 작용하여 중력에 대한 및 적응하여 바로 선 자세를 유지할

수 있는 능력이다. 또한, 정적·동적 균형으로 나뉘어 움직임이 일어나는 동안 신체의 무게 중심점이 지지면(base of support) 안에서 위치 및 유지하는 능력으로서, 발목 불안정성 환자에게 있어 균형은 중요한 의미를 갖게 된다. 본 연구결과 동적 균형을 측정하는 모든 항목에서 세 그룹 모두 통계적으로 유의한 수준의 변화를 보였다($p<0.05$). 특히 좌·우 균형 지수 항목에서 그룹 간에도 통계적으로 유의한 수준의 변화를 나타냈다. Lee 등(2018)의 연구에서 만성 발목 불안정성 환자 36명을 대상으로 샌들 운동 12명, 균형운동 12명, 대조군 12명으로 나눠 8주간 주 3회의 실험을 진행한 결과 샌들 운동군이 다른 두 집단보다 정적 균형 능력에서 전반적으로 유의한 효과를 보였다($p<0.05$)(Lee & Lee, 2018). 또한, Lee 등(2019)은 발목 불안정성 환자 30명을 대상으로 단축 발 운동군 15명, 고유수용성 감각 운동군 15명을 8주간 주 3회의 실험을 진행한 결과 단축 발 운동군이 고유수용성 감각 운동군 보다 전·후, 좌·우 모든 균형능력에서 통계적으로 유의한 변화를 나타냈다($p<0.05$)(Lee et al., 2019). 이와 같이 본 연구는 선행연구와 일치하는 결과를 보였다. 특히 좌 우 균형 지수에서 그룹 간 통계적 차이점이 있는 점은 우선순위를 나누기는 어렵지만 발목 염좌 환자의 발목 불안정에 대한 기전 및 환경적 또는 직업

Table 4. Comparison of muscle strengthening within groups and between groups (n=45)

		VFEG (A) (n=15)	SEG (B) (n=15)	TEG (C) (n=15)	<i>f</i> (<i>p</i>) Post hoc
Inversion (<i>tq</i>)	Pre	0.42±0.32*	0.50±0.38	0.37±0.34	2.88(0.07)
	Post	0.60±0.60	1.07±0.38	0.93±0.36	
	Post-pre	-0.18±0.60	-0.57±0.32	-0.56±0.57	
	<i>t</i> (<i>p</i>)	-6.95(0.00 [†])	-1.17(0.26)	-6.95(0.00 [†])	
Eversion (<i>tq</i>)	Pre	0.33±0.19	0.45±0.28	0.55±0.18	10.04(0.00 [†]) A, C B
	Post	0.45±0.17	0.42±0.24	0.78±0.21	
	Post-pre	-0.12±0.15	0.03±0.16	-0.23±0.17	
	<i>t</i> (<i>p</i>)	-3.15(0.01 [†])	0.64(0.54)	-5.39(0.00 [†])	

Note. Values are presented as mean ± SD*.

VFEG: visual feedback exercise group, B:sandal exercise group, C: Thera-band exercise group

[†]: $p<0.05$

적 특성에 따라 더 효과적인 방법을 제시할 수 있다고 의미한다.

Janda 등(1990)은 발바닥 및 발목의 근육 및 건의 피부 수용체가 자세와 균형을 조절할 체성 감각에 영향을 가져온다 발표하였다(Janda et al., 1990). 그래서 본 연구에서 진동감각 역치를 측정한 결과 샌들 운동군을 제외한 두 군에서 통계적으로 유의한 수준의 변화를 보였으며($p<0.05$), 또한 그룹 간 변화량에서 통계적으로 유의한 결과를 보였다($p<0.05$). Hiemstra 등(2001)은 관절의 반복적인 굴곡과 신전으로 인한 근수축은 근육의 피로를 가져온다. 이로 인해 관절의 위치 감각의 감소를 보인다고 보고하였다. 따라서 단축 발 운동으로 인한 발 내재근의 강화는 근 피로를 줄이고 지구력의 향상을 이뤄 진동감각 역치 값의 감소를 가져왔다. 그러나 샌들 운동군은 긍정적인 영향이 통계적 수준에 미치지 못하였다. 이는 개인의 발 사이즈를 고려하지 못하여, 샌들과 발 사이에 안정성이 떨어져 치료적 효과에 영향을 미친 것으로 생각된다.

발목 불안정성 환자에게 발목관절의 구조물(근육, 건, 인대)의 근력강화 훈련은 재발률을 낮추는데 많은 영향을 가져온다고 보고하였다(Doherty et al., 2014). 본 연구 결과 내·외번 근력 검사에서 샌들 운동군을 제외한 두 군에서 통계적으로 유의한 수준의 변화를 보였으며($p<0.05$), 또한, 그룹 간에 외번 근력 변수에서 통계적으로 유의한 결과를 나타냈다($p<0.05$). Kim 등(2014)은 발목 불안정성 환자 30명을 대상으로 세라밴드를 이용한 발목 운동군(10명), 세라밴드 발목 운동+고유수용성 감각 운동군(10명), 대조군(10명), 세 그룹 나눠 4주간 주 3회의 실험을 진행한 결과 대조군을 제외한 두 군에서 족배굴곡근, 발바닥쪽굽힌근, 내·외번근에서 최대 회전력(peak torque)이 통계적으로 유의한 수준의 값을 보였다($p<0.05$). 또한 Lee 등(2016)의 연구에서 시각 되먹임 자극을 이용한 발의 내재근 훈련이 청각 되먹임 자극을 이용한 훈련보다 발목 안정성, 균형 지수 항목에서 통계적으로 유의한 수준의 변화가 있다고 보고하였다(Lee et al., 2016). 이와 같이 본 연구는 선행연구와 비슷한 결과 값을 보였다. 하지

만 샌들 운동군에서 긍정적인 변화는 있었지만 통계적으로 유의한 수준의 변화는 아니었다. 이는 발 내재근을 간접적으로 수동 운동한 것보다 직접적으로 능동 운동한 방법이 발목 주의 구조물의 근력 강화를 위한 방법으로 탁월할 것으로 생각된다.

그동안 발목 불안정성을 갖고 있는 사람들의 치료 방법에 대해서 다양한 연구들이 발표되었다. 대부분 발목 주위의 인대와 건, 근육과 발목 관절의 고유수용성 감각훈련에 초점을 맞춰왔다. 하지만 최근에는 발 내재근의 기능적 역할에 대한 관심이 높아지면서 발 내재근 강화를 위한 단축 발 운동이 임상적으로 주목을 받고 있는 상황이다. 이에 본 연구에서 선행 논문을 바탕으로 3가지 중재 방법을 착안하여 효과 입증을 진행하였다. 결과적으로 대부분 긍정적인 결과를 보였지만, 특정 연령대 위주로 연구가 진행됐다는 점과 대상자수가 적은 점은 연구 결과를 대중에게 일반화하기 어려울 것으로 사료된다. 따라서, 추후 연구 시 다양한 연령대와 대상자수를 늘려 연구가 시행되어야 할 것이다.

V. 결론

본 연구에서 발목 불안정성을 갖고 있는 성인 남녀를 대상으로 8주간 발 내재근 운동을 실행한 결과 발목 불안정성에 영향을 미치는 요인인 균형, 근력 및 진동감각역치 값의 향상된 결과를 보였다. 또한, 발 내재근 강화 운동 방법인 단축 발 운동의 방법에 따른 효과를 비교한 결과 모든 그룹에서 기능의 향상을 가져왔다. 이를 통해 만성 발목 불안정성으로 일상생활에서 불편함을 겪고 있는 환자분들에게 환경과 상황에 알맞은 중재 운동을 적용한다면 발목 손상 및 발목 염좌를 치료하고 균형능력을 향상하는데 임상에서 효과적인 치료적 중재법으로 실현될 의미가 있을 것이라 사료된다. 더불어 발목 손상 예방을 위한 운동 프로그램으로 발전되길 기대해본다.

References

- Alt W, Lohrer H, Gollhofer A. Functional properties of adhesive ankle taping: neuromuscular and mechanical effects before and after exercise. *Foot & ankle international*. 1999;20(4):238-245.
- Balogun J, Adesinasi C, Marzouk D. The effects of a wobble board exercise training program on static balance performance and strength of lower extremity muscles. *Physiotherapy Canada*. 1992;44(1):23-23.
- Blackburn J, Hirth C, Cuskiewicz M. Exercise sandals increase lower extremity electromyographic activity during functional activities. *Journal of athletic training*. 2003;38(3):198.
- Blanchard B. Biofeedback treatments of essential hypertension. *Biofeedback and Self-regulation*. 1990;15(3):209-228.
- Carey J, Kimberley T, Lewis S, et al. Analysis of fMRI and finger tracking training in subjects with chronic stroke. *Brain*. 2002;125(4):773-788.
- Choi HJ, Nam KW. The effect of horseback riding exercise on the static balance of children with cerebral palsy. *Journal of Korean social physical Therapy*. 2014;26(4):269-273.
- Chena R, Kurth L, Thomas M, et al. Torque characteristics of the quadriceps and hamstring muscle during concentric and eccentric loading. *Journal of Orthopedic & Sports Physical Therapy*. 1991;14(4):149-154.
- Dombov L. Understanding stroke recovery and rehabilitation: current and emerging approaches. *Current neurology and neuroscience reports*. 2004;4(1):31-35.
- Doherty C, Delahunt E, Caulfield B, et al. The incidence and prevalence of ankle sprain injury: a systematic review and meta-analysis of prospective epidemiological studies. *Sport medicine*. 2014;44(1):123-140.
- Headlee D, Leonard J, Hart J, et al. Fatigue of the plantar intrinsic foot muscles increases navicular drop. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2008;18(3):420-425.
- Hiemstra A, Lo KY, Fowler J. Effect of fatigue on knee proprioception: implications for dynamic stabilization. *Journal of Orthopaedic & Sport Physical Therapy*. 2001;31(10):598-605.
- Hiller C, Refshauge J, Bundy C, et al. The Cumberland ankle instability tool: a report of validity and reliability testing. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 2006;87(9):1235-1241.
- Ibrahim M, Mattar A, Elhafez S. Efficacy of virtual reality-based balance training versus the Biodex balance system training on the body balance of adults. *Journal of physical therapy science*. 2016;28(1):20-26.
- Janda V, Vavrova M. Sensory motor stimulation. In: Liebensen C (ed.). Baltimore. Williams & Wilkins, 1990.
- Jung DY, Koh EK, Kwon OY. Effect of foot orthoses and short-foot exercise on the cross-sectional area of the abductor hallucis muscle in subjects with pes planus: a randomized controlled trial 1. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*. 2011;24(4):225-231.
- Kim YH, Park SH, Song HS. The effects of gluteus medius strength training on ankle stability in patient with chronic ankle sprains. *The Journal of Korean Academy of Orthopedic Manual Physical Therapy*. 2018;24(2):59-67.
- Lacourse M, Orr LR, Cramer C. Brain activation during execution and motor imagery of novel and skilled sequential hand movements. *Neuroimage*. 2005;27(3):505-519.
- Lee ES, Cho JC, Lee SW. The effect of intrinsic foot muscle on type of feedback according to ability of ankle instability and balance. *Advanced Science and Technology Letters*. 2016;132(1):155-160.
- Lee ES, Cho JC, Lee SW. Short-foot exercise promotes quantitative somatosensory function in ankle

- instability: a randomized controlled trial. *Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research*. 2019;25(1):618.
- Lin Y, Hsieh S, Chao C, et al. Influence of aging on thermal and vibratory thresholds of quantitative sensory testing. *Journal of the Peripheral Nervous System*. 2005;10(3):269-281.
- Lynn K, Padilla A, Tsang KW. Differences in static- and dynamic-balance task performance after 4weeks of intrinsic-foot-muscle training: the short-foot exercise versus the towel-curl exercise. *Journal of sport rehabilitation*. 2012;21(4):327-333.
- Mayer F, Axmann D, Horstmann T. Metabolic and cardiocirculatory reactions after concentric and eccentric exercise of the shoulder. *International journal of sports medicine*. 1999;20(08):527-531.
- McKeon P, Hertel J, Bramble D, et al. The foot core system: a new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function. *British Journal of Sports Medicine*. 2015;49(5):290-290.
- Moon DC, Kim K, Lee SK. Immediate effect of short-foot exercise on dynamic balance of subjects with excessively pronated feet. *Journal of physical therapy science*. 2014;26(1):117-119.
- Page P. Sensorimotor training: a “global” approach for balance training. *Journal of bodywork and movement therapies*. 2006;10(1):77-84.
- Simons D, Travell J. Myofascial pain and dysfunction: the trigger point manual: volume 2. Philadelphia. Lippincott Williams & Wilkins. 1983.
- Tankevicius G, Lankaite D, Krisciunas A. Test-retest reliability of biodex system 4 Pro for isometric ankle-eversion and-inversion measurement. *Journal of sport rehabilitation* 2013;22(3):212-215.
- Verhagen E, Bay K. Optimising ankle sprain prevention: a critical review and practical appraisal of the literature. *British journal of sports medicine*. 2010;44(15):1082-1088.
- Na YM, Moon JH, Sung YJ, et al. The effect of ankle disc training in functional ankle mobility patients. *Korean Journal of Sports Medicine*.1999;17(2):406-412.
- Yha SY, Kim JS. Changes in α -motor neuronal excitability by taping. *The Journal of the Korea Contents Association*. 2008;8(6):167-174.
- Lee SW, Lee ES. The effects of sandal and balanced fusion exercise on static balance and proprioception in patients with chronic ankle instability. *Korean Convergence Society*. 2018;9(9):143-148.
- Han SM. Effects of foot-shaping exercise on leg alignment and physical fitness of flexible flat basketball players. Sejong University. Dissertation of Doctorate Degree. 2014.