

대한물리치료과학회지

Journal of Korean Physical Therapy Science
2024. 12. Vol. 31, No 4, pp. 57-69

혈류제한운동이 만성발목불안정성을 가진 비만중년여성의 발목근력, 균형 및 발목불안정 지수에 미치는 영향

이효정

한국교통대학교

Effects of blood flow restriction exercise on ankle muscle strength, balance ability and CAIT in chronic ankle instability with Obese Middle-Aged Woman

Lee Hyo Jeong

Dept. of Physical therapy, Korea National University of Transportation

Abstract

Background: This study is to investigate the effect on ankle muscle strength with blood flow restriction exercise. Balance ability and ankle strength to achieve maximum efficiency with the same exercise intensity in chronic ankle instability with Obese Middle-Aged Woman.

Design: Randomized controlled trial.

Methods: This study Twenty-four chronic ankle instability with Obese Middle-Aged Woman are randomly assigned to experimental group (n=12) and comparison group (n=12). The experimental group performed blood flow restriction on ankle joint strength exercises. The comparison group performed ankle joint strength exercises without blood flow restriction. The digital muscle measurement, Y-balance test, FRT and CAIT were used to evaluate. The subject's muscle strength, balance, and CAIT before and after the intervention.

Results: As a results, significant differences were observed in the ankle muscle strength, balance and CAIT of chronic ankle instability with Obese Middle-Aged Woman. In within-group comparison ankle muscle strength, Y-balance test and CAIT, the

two groups showed significant difference post intervention. In between-group comparison, there was significant improvement in the change of muscle strength(dorsiflexor), balance(FRT, Y-balance test) pre and post.

Conclusion: This study show that ankle joint strength with blood flow restriction exercise improved the ankle muscle strength ,balance and CAIT of those complaining of chronic ankle instability with Obese Middle-Aged Woman. Blood flow restriction exercise on Ankle joint strength was more improvement in ankle dorsiflexor and balance than ankle joint strength exercise without blood flow restriction.

Key words: Obese Middle-Aged Woman, Blood flow restriction exercise, CAIT

교신저자

이효정

충북 증평군 증평읍 대학로 61번지

T: 043-820-5207, E:leehj@ut.ac.kr

I. 서론

현재 우리나라 중년여성의 비만 유병률은 체질량지수를 기준하여, 40대는 27.2 %, 50대는 30.6 %, 60대는 35.4 %로 나타났다(통계청, 2022). 비만이 되면 체중에 의해 인체 관절에 무리가 가며 그중 발목관절에 가해지는 부하로 인해 손상확률이 높다(김희승과 오정아, 2007). 체중 증가가 발목 손상의 원인 중 하나라고 보고하였다(Andersen 등, 2003).

발목관절은 중력에 저항하여 신체를 지지하고 있기에 인체 관절 중에서 가장 손상을 많이 받는 관절이고 중년이 되면 균형을 유지하기 위한 발목근육의 반응시간이 길어지고 발목관절의 근력도 감소하게 된다(Morrison과 Kaminski, 2007; 박근태, 2024). 발등굽힘근이 약하면 균형 능력이 감소한다고 하였다(한준호, 2018; 김선민, 2023).

발목관절은 나이가 들어감에 따라 근력 및 근지구력이 감소되는 생리적인 변화가 발생하고, 이런 생리적인 변화는 남성보다는 여성에게서 더 많이 감소하는 것으로 나타났다. 또한 체중이 증가함에 따라 발목의 발바닥쪽 굽힘 및 발바닥쪽 굽힘 근력에 통계적으로 차이가 있고 족저압력도 비만일 때 더 높은 것으로 나타났다(김태완, 2006; 노윤희, 2001; 한준호와 이효정, 2018; Birtane과 Tuna, 2004; Hills 등, 2001)

비만일 경우 정상인보다 발목 안가쪽 정적 안정성이 떨어진다고 하였고(McGraw 등, 2000), 만성발목불안정성을 가진 사람들은 발목관절 안쪽변짐 손상이 반복적으로 발생되고 한 발로 서기 시 흔들림이 크며, 관절낭 및 인대의 손상 및 발목관절 주변 근육약화로 인해 들신경 전도속도가 저하되어 고유수용성감각이 감소된다(Bowker 등, 2016). 정상인과 비만인의 보행속도에 따른 하지 근력연구에서 비만인은 체중으로 인해 발목관절에 가해지는 부하가 많고 체중으로 인한 충격흡수율이 높아 발목관절에 손상이 증가된다고 하였지만 발목관절 근력과 고유수용성 감각이 정상일때는 발목관절의 동적, 정적 안정성이 유지되고, 재손상을 예방할 수 있다고 하였다(김태완과 김지태, 2007; Denegar과 Miller, 2002; 한진태, 2022).

관절 안정성을 유지하기 위한 일차적인 조건은 회전에 대한 저항을 제공하고, 관절 표면의 압력 분포를 균등하게 유지하는 인대 기능을 증가시켜야 한다. 이를 위해서는 관절의 움직임 및 안정성을 위한 근육의 동시수축 능력이 필요하다고 하였다(David 등, 2010). 근육의 동시수축은 주동근과 길항근의 활성화 간격이 겹치는 기간으로(Den Otter 등, 2006), 운동 학습 중 운동 조절에 중요한 역할을 하여 관절 안정성을 향상시킨다고 하였다(Darainy과 Ostry, 2008).

만성발목불안정성의 중재방법은 다양하다. 체계적 고찰에 따르면 만성발목불안정성의 치료적 중재로는 근력운동, 균형훈련, 복합운동적용, 저항운동, 가동범위 증가운동, 수동적 종아리 신장, 연부조직 가동술 및 보조기적용이 사용된다고 보고되었으며, 중재의 목적은 불안정 발목의 기능회복이다(Kosik 등, 2017).

이 중 가장 많이 사용되는 중재방법은 근력운동이다. 발목관절의 근력이 정상적인 수준을 유지할 경우 자세조절 및 안정성을 가질 수 있고, 재손상을 방지 할 수 있다(Denegar과 Miller III, 2002). Hubbard 등(2007)의 연구에 의하면 만성발목불안정성이 있는 대상자 30명의 발목 발등굽힘, 발바닥굽힘 근력을 측정된 결과 발바닥굽힘 근력의 감소가 확인되었으며 또한 만성발목불안정성이 있는 23명의 대상자의 병변측 및 정상측의 발목 발등굽힘, 발바닥굽힘, 엉덩관절 벌림 및 폼 근력을 측정된 결과 병변측의 발목 발등굽힘, 발바닥굽힘, 엉덩관절 벌림 근력이 정상측에 비해 유의하게 낮았다고 보고하였다(Friel 등, 2006). 이는 만성발목불안정성을 가진 대상자들에게 발목 발등굽힘, 발바닥굽힘과 엉덩관절 벌림 근력운동이 필요하다는 것을 확인하였다.

혈류제한운동은 가압벨트를 사용해 사지의 윗부분을 압박한 상태로 저항도 훈련을 단시간에 실시하는 방법으로(전종목, 2008), 저항도, 단시간 훈련임에도 불구하고 근력의 증가와 근비대를 효율적으로 이끌어 내어 고강도

저항운동과 동일한 근력강화를 유발할 수 있다(Lixandrao 등, 2018). 또한 운동 시 신체의 위험 부담이 적고 운동 이후의 피로감이 상대적으로 적으며 회복 속도도 빠른 것으로 보고 된 방법으로 연구가 활발히 진행 중이다(Takano 등, 2005; Takarada 등, 2002; 여효성과 김효정, 2015). 혈류제한운동은 운동 부위를 압박대(cuff)로 압박하여 일시적으로 혈류의 흐름을 제한하고 운동 후에는 커프를 제거하여 근육내 산소 증가 및 혈관확장을 일으킨다고 밝혔고(Takarada 등, 2002). Karanasios 등(2022)의 연구에서 가쪽 팔꿈치 통증 환자에게 적용한 혈류제한 운동이 환자의 통증강도, 테니스엘보 평가척도(PRTEE), 통증 없는 악력(PFGS), 전반적인 변화등급(GROC)에 유의한 증가를 보였다. 혈류제한 운동의 효과는 다른 관절에서는 연구되었지만 발목관절에서의 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 혈류제한운동을 적용하여 만성발목불안정성을 가진 중년 비만여성의 발목 근력 및 균형능력의 최대운동효과를 알아보고 임상에서 혈류제한운동의 적용 가능성에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

츠시에 위치한 B병원을 다니는 만성발목불안정성을 호소하는 비만중년여성 24명을 대상으로 하였다. 45~60세 중년여성으로 신체체질량지수 25 kg/m^2 이상이고 평소 생활할 때 특별한 근력훈련을 하지 않고, 발목 불안정성 지수(CAIT) 24점 이하를 받은 만성발목불안정성을 호소하는 자로 선정하였다. 연구 대상자는 최소 1년 이전에 최초의 발목염좌 병력이 있는 자(Gribble 등, 2013), 본인이 연구 참여에 동의한 자로 선정하였다. 제외기준은 발과 발목에 현재 통증이 있는 자, 엉덩관절 골절 병력이 있는 자, 골반 또는 넙다리뼈의 정맥류 진단, 심부정맥 혈전증 또는 폐색전증이 있는 자, 지난 6개월 동안 수술 과거력이 있는 자를 제외시켰다(연강미, 2022; Kataoka 등, 2022).

2. 연구절차

본 연구의 대상자 수 설정은 G-Power Ver.3.1.3를 이용하여 산출하였고 그룹 할당 비율 1:1, 유의 수준 .05, 검정력 .95, 효과크기 .55로 설정한 결과 대상자 수는 22명이었다. 탈락률을 고려하여 24명을 목표 연구 참여자로 선정하였다. 이들을 알파벳 O, A가 적힌 종이 중 한 장을 선택하는 방법으로 실험군과 대조군으로 무작위 배정하였고, 총 4주간 주 3회, 1일 1회, 1-2주차는 15분, 3-4주차에는 세트를 추가하여 20분간 수행하였다(Lee 등, 2019; 연강미, 2022). 대상자 선정은 실험군에게는 혈류제한을 적용한 발목관절 근력운동에 혈류제한을 적용하였고, 대조군에게는 혈류제한을 적용하지 않고 발목관절 근력운동을 실시하였다.

3. 측정도구

(1) 근력 평가

대상자의 근력의 평가는 디지털근력계(Commander Echo, JTECH Medical, USA)를 사용하였다. 각 근육에서 최대 등척성수축을 실시하였고 그 압력을 측정하였다. 엉덩관절의 대상작용을 방지하기 위하여 대상자들의 두 손은 가슴 위에 교차하여 올려놓아 체간을 고정시켰다. 발등굽힘근과 발바닥굽힘근의 근력은 0도에서 시작하여 측정하였고 앉은 자세에서 측정하였다. 발등과 발바닥부분에 압력판을 대고 각 근육을 측정하였다(임종민, 2012;

연강미, 2022). 최대 등척성 수축 시 나타나는 압력을 쟀뒤 3회 측정값의 평균을 기록하였고, 각 측정 사이에 30초 동안 휴식하였다. 검사간 신뢰도 $r=.98\sim.99$, 검사자내 신뢰도 $r=.84\sim.99$, 검사자간 신뢰도 $r=.84\sim.94$ 이다(한준호, 2018).

(2) 균형 평가

1) Y-balance 검사

Y-balance검사는 하지의 동적 균형 측정도구로 매트위에 앞쪽, 뒤바깥쪽과 뒤안쪽의 세 방향을 측정한다. 측정 방법은 균형을 유지하며 중앙선에서 반대측 발로 세 방향의 선을 따라 최대한 멀리 가도록 지시하여 도착한 지점까지의 거리를 cm 단위로 측정하였다. 각 방향에 대해 1~4회 연습을 실시할 수 있으나 본 연구에서는 2회의 연습을 통해 편안하게 실시하였고, 검사 중 넘어진다거나 다시 제자리로 돌아오지 못한 경우 또는 뺨는 발에 체중을 지탱할 경우 재측정하였다(Moon & Kim, 2022; Mahato 등, 2019). 대상자들은 한 방향으로 3회 연속 시도하였고 각 지점에 최대 거리(cm)를 기록하였다. 다음 방향으로 뺨기 전 30초간 휴식을 실시하였다. 최대 도달 범위의 평균을 참가자의 다리 길이로 나눈 값에 100을 곱하여 분석하였다(Hall 등, 2015). 본 검사의 신뢰도는 .84~.94이다(Powden 등, 2019; Shaffer 등, 2013).

2) 기능적 팔 뺨기 검사

기능적 팔 뺨기 검사(FRT)는 앞쪽 안정성 한계를 측정하는 균형도구로 검사자간 신뢰도 $r=.92$, 검사자 내 신뢰도 $r=.98$ 이다(김재희, 2015). 대상자가 서서 팔꿈치를 편상태로 어깨를 약 90도 굽히고 한쪽 팔은 수평을 유지하고 평행하게 팔을 앞으로 뺨도록 지시한다. 시작 자세의 세 번째 손허리뼈관절끝에서부터 앞으로 최대한 뺨을 때까지 측정한 거리이다. 고관절과 둔부(buttock)의 후방 전위 및 무릎 관절의 굴곡은 발생되지 않도록 하였고 거리 측정은 벽에 부착된 줄자(yard stick)를 통하여 측정하였으며, 3회 측정치의 평균 값으로 적용하였다.

(3) 발목불안정지수

발목불안정지수는 컴버랜드 발목 불안정성 지수(CAIT)를 점수화한 것이다. 일상생활에서 발목 불안정성 여부, 발목 뺨 후 회복시간, 발목 통증 여부 등의 주관적 느낌을 평가하는 9개의 문항으로 구성되어 있고 30점 만점 중 28점 이상은 정상, 27점 이하는 기능적 발목 불안정성의 잠재적 단계, 24점 이하는 기능적 발목불안정성으로 정의한다(남승민과 이도연, 2019; Hiller 등, 2006). 설문은 왼쪽, 오른쪽 발목 모두를 작성하고 점수가 낮은 쪽을 불안정하다고 판단하며 검사-재검사 간 신뢰도는 ICC=.98으로 높은 신뢰도 및 타당도를 나타낸다(Jeong 등, 2022).

3. 중재방법

실험군은 혈류제한을 위해 커프를 이용하였으며, 발목관절의 근력운동으로 선행연구를 바탕으로 4주간 주 3회 실시하였다(Lee 등, 2019; Lee 등, 2017; 연강미, 2022). 발목관절 근력운동은 준비 및 마무리 운동을 각 3분간 본 운동은 점진적 세트 횟수를 증가하여 9분-14분간 실시하였다. 본 운동은 선 자세에서 5cm의 블록 위에 올라가 발목 발등 및 발바닥을 5초간 유지하고(Lee 등, 2017; 연강미, 2022), 휴식 없이 10회를 진행한 후에 세트 간 휴식 시간을 20초로 실시하였다. 1~2주차에는 3세트, 3~4주차 5세트로 강도가 증가하도록 실시하여 총 운동시간은 휴식시간을 포함하여 1~2주차 15분, 3~4주차 20분으로 설정하였다(Lee 등, 2019). 3분간 준비운동을 실시 후 혈류제

한을 위해 다리의 가장 윗부분에 커프를 착용하고 본 운동을 실시하였다. 세트 간 휴식시간에 커프의 강도는 유지하였으며, 혈류제한의 강도는 대상자의 신체조건에 따라 180~240 mmHg으로 다양하게 적용하였다 (Burgomaster 등, 2003), (Table 1). 대조군은 혈류제한 커프를 사용하지 않고 실험군과 동일한 운동프로그램을 적용하였다(Table 1).

Table 1. Exercise program of experimental group and comparison group

| | | 프로그램 | 적용강도와 시간 | | |
|-------|---------------|---|-------------------|----------------|------------|
| 준비운동 | 신장 | 바루누운자세 dorsiflexion, plantarflexion 10초 | 3분 | | |
| 발목운동 | Heel Raising | 서서 dorsiflexion 10초 | 1세트 10초 20초 휴식 | 1~2 주 3~4 주 | 3세트 5세트 |
| | Heel Standing | 서서 plantarflexion 10초 | 1세트 10초 20초 휴식 | 1~2 주 3~4 주 | 3세트 5세트 |
| 마무리운동 | 신장 | 바루누운자세 dorsiflexion, plantarflexion 10초 | 3분 | | |

4. 연구절차 및 자료분석

수집된 자료는 SPSS (version 27.0; IBM Corp., Armonk, NY, USA) 통계프로그램을 사용하여 분석하였으며, 정규성 검정은 shapiro-wilk test를 사용하였다. 대상자의 일반적 특성의 동질성 검정은 독립 t 검정(independent t-test) 과 카이제곱검정(Chi-squared test)을 통해 분석하였고, 실험군과 대조군의 종속변수 전후 비교를 위해 대응 t-검정 (paired t-test)으로 분석하였고 실험군과 대조군의 중재 전후 변화량의 비교는 독립 t-검정(independent t-test)을 통해 실시하였다.

III. 결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

두 군 사이에 몸무게, 나이, 키, BMI, 불안정한 발목지수(chronic ankle instability, CAI)에서 군간 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않아 연구 대상자의 일반적 특성은 동질성이 확인되었다(Table 2)..

Table 2. Clinical characteristics of the subjects (N=24)

| | Experimental(n=12) M±SD | Control(n=12) M±SD | χ^2/t | p |
|--------------------------|----------------------------|-----------------------|------------|------|
| Age (year) | 51.25±3.09 | 49.85±4.12 | .320 | .557 |
| Height (cm) | 163.15±5.34 | 162.85±6.04 | .500 | .407 |
| Weight (kg) | 69.00±3.16 | 67.75±6.65 | .498 | .118 |
| BMI (kg/m ²) | 26.15±0.62 | 25.89±0.92 | .469 | .596 |
| CAI (right/left) | 6/6 | 5/7 | .44 | .670 |

2. 근력의 변화

발등굽힘근에서는 실험군과 대조군의 중재 전과 중재 후의 각각 평균값이 향상되어 유의한 차이가 나타났고 ($p<.05$), 실험군과 대조군의 평균 발등굽힘근의 변화량이 증가하여 두 군간 차이에서도 두 군간 유의한 차이가 나타났지만($p<.05$), (Table 3). 발바닥굽힘근에서는 실험군과 대조군의 중재 전과 후의 평균값을 비교한 결과 평균값이 향상되어 유의한 차이가 나타났지만($p<.05$), 실험군과 대조군의 발바닥굽힘근의 전후 변화량 차이 비교에서는 두 군간 차이를 보이지 않았다(Table 3).

3. 균형의 변화

균형을 측정하는 기능적 팔 뻗기(FRT)에서는 실험군의 중재 전과 중재 후의 평균값이 향상되어 유의한 차이가 나타났지만($p<.05$). 그러나 대조군은 중재 후의 평균값이 증가했지만 유의한 차이를 보이지 않았다. 실험군과 대조군의 중재 전후 평균 FRT의 변화량 차이비교에서는 실험군이 대조군보다 더 큰 변화량의 차이를 보였다($p<.05$), (Table 3).

균형을 측정하는 Y-balance에서는 실험군과 대조군의 중재 전과 중재 후의 각각 평균값이 향상되어 유의한 차이가 나타났지만($p<.05$), 실험군과 대조군의 전후 평균 Y-balance의 변화량 차이비교에서는 두 군간 차이가 나타나지 않았다(Table 3).

4. 발목 불안정 지수의 변화

발목 불안정 지수를 측정하는 CAIT에서는 실험군과 대조군의 중재 전과 중재 후의 각각 평균값이 향상되어 유의한 차이가 나타났지만($p<.05$), 실험군과 대조군의 전후 평균 CAIT의 변화량 차이 비교에서는 두 군간 차이를 보이지 않았다(Table 3).

Table 3. The comparison of variables between groups

| Group Variable | | Experimental (n=12) | Control (n=12) | t | p | | | |
|--------------------|------------------------|---------------------|----------------|-------------|-------|-------|-------|------|
| | | Mean±SD | Mean±SD | | | | | |
| Muscle Strength | Dorsi Flexion(N) | Pre | 25.25±6.54 | 26.69±9.26 | 2.822 | .010* | | |
| | | Post | 52.25±14.36 | 42.67±16.74 | | | | |
| | Post-Pre | 27.00±13.53 | 15.98±12.35 | | | | | |
| | t | -5.290 | -3.650 | | | | | |
| | p | .008 | .012 | | | | | |
| | Plantar Flexion (N) | Pre | 23.53±12.01 | 21.86±21.88 | | | | |
| | | Post | 45.9±23.28 | 40.51±27.53 | | | | |
| | | Post-Pre | 22.36±16.80 | 18.65±14.57 | | | 0.538 | .597 |
| | | t | -4.386 | -3.214 | | | | |
| | | p | .000 | .000 | | | | |
| Balance | FRT(sec) | Pre | 14.45±1.54 | 14.25±1.83 | | | | |
| | | Post | 15.47±1.65 | 14.57±1.61 | | | | |
| | Post-Pre | 1.02±0.23 | 0.32±0.22 | 4.32 | .01* | | | |
| | t | -8.676 | 2.931 | | | | | |
| | p | .003 | .061 | | | | | |
| Y-balance (cm) | Pre | 54.26±10.79 | 52.42±11.88 | | | | | |
| | Post | 69.05±10.29 | 63.00±9.08 | | | | | |
| | Post-Pre | 14.79±1.97 | 10.57±1.28 | -2.149 | .02* | | | |
| | t | -2.934 | -1.803 | | | | | |
| | p | .002 | .042 | | | | | |
| CAIT | CAIT(score) | Pre | 18.00±6.73 | 18.72±4.83 | | | | |
| | | Post | 24.54±3.07 | 22.12±5.05 | | | | |
| | Post-Pre | 6.72±6.16 | 3.60±2.21 | -1.313 | .188 | | | |
| | t | -2.937 | -2.680 | | | | | |
| | p | .003 | .007 | | | | | |

SD: standard deviation, *** $p < .001$ CAIT; Chronic Ankle Instability Tool

IV. 논 의

본 연구는 만성발목불안정을 갖고 있는 비만중년여성에게 단시간 최대 운동효과를 볼수 있는 혈류제한운동을 실시하여 발목 근력, 균형 및 발목불안정성에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 실험군과 대조군의 대상자에게 혈류제한 유무에 따라 같은 시간과 운동강도로 최대의 운동효과를 알아보기 위한 무작위실험연구이다.

만성발목불안정성을 가진 비만 중년여성 24명을 대상으로 총 4주간 주 3회, 15~20분 중재를 실시하였다. 혈류 제한을 적용한 실험군 12명과 혈류제한을 적용하지 않은 대조군 12명에게 발목근력 강화운동을 적용하여 근력, 균형 및 발목불안정지수에서 혈류제한 운동효과를 분석하고자 하였다.

본 연구에서 발목 근력은 디지털근력계, 균형은 FRT, Y-balance, 발목불안정지수는 CAIT를 사용하여 4주 중재 전후의 변화를 비교하였다.

만성발목불안정성을 가진 성인의 근력과 동적 균형을 평가했을 때 균형능력 감소와 근력약화를 보였고 (Lee 등, 2020), Urgüden 등(2010)의 경우 발등굽힘 근력이 발목 안정성에 영향을 미친다고 하였다. 만성발목불안정성을 가진 연구대상자에게 5주간 신경근 전기자극과 발목 들어올리기 운동을 병행했을 때 근력향상, 자세조절능력 향상 및 균형능력의 향상을 보였다고 보고했다(Seo 등, 2021). 만성발목불안정성을 가진 27명의 대상자를 발목 근력운동군과 위약군으로 나누어 적용했을 때 근력운동군에서 균형능력에 유의한 향상을 보였다(Collins 등, 2014). 플로싱밴드와 밸런스 운동을 만성발목불안정성 대상자에게 적용 했을 때 발목관절 근력, 균형, 관절각도 및 발목기능에서 모든 부분에서 유의한 차이를 보였다(서진아, 2021). 본 연구의 발목 근력의 변화는 실험군과 대조군 모두 발등과 발바닥굽힘근의 근력이 중재 전·후에 유의한 향상을 보였고 두 군간의 변화량차이는 발등굽힘근에서만 유의차가 나타났다. 이는 한준호(2018)의 연구에서 중년비만여성에게 불안정지지면과 안정지지면에서 발목근력운동을 실시했을 때 실험군 1,2의 발등굽힘과 발바닥굽힘의 근력에서 모두 유의한 수준의 증가가 있었으나 발바닥굽힘근에서는 집단 간 변화량의 비교에서는 유의한 수준의 차이를 보이지 않은 것은 본 연구의 결과와 일치하였다. 또한 65세 이상의 노인 10명에게 발바닥굽힘 운동을 10회 2세트, 주 3회, 4주 시행한 후 발바닥굽힘 근력에서 혈류제한을 적용한 그룹에서 근력 향상을 보고한 연구(Patterson과 Ferguson, 2011), 일반인에게 6주간 저강도 혈류제한 운동과 고강도 운동운동을 두 군으로 나누어 발목 들어올리기 운동을 시행했을 때 장딴지근 근력 향상이 두군 모두에서 보였으나, 두 군간에서는 유의차가 나타나지 않았다고 밝힌 연구(Kataoka 등, 2022)는 본 연구의 결과와 일치한다. 또한 Seo 등(2021)은 만성발목불안정성 환자에게 발목 들어올리기 운동을 적용 후 발목관절 근력에서 유의한 차이를 보였고, 손상으로 운동재할이 필요한 선수 40명을 대상으로 혈류제한 운동을 실시한 결과 발목근두께가 증가하는 결과를 보였다. 이는 혈류제한을 적용한 고강도 근력운동이 노인, 중년여성, 발목불안정성을 가진 자, 정상인 및 손상으로 인한 운동선수들에게 발목근력을 향상시킬 수 있는 고효율적이고 효과적인 운동방법을 제공 할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구의 균형 결과는 혈류제한은 한 실험군은 FRT와 Y-balance에서 중재 전·후 유의한 향상을 나타냈고 ($p<.05$), 또한 집단간의 변화량비교에서 Y-balance와 기능적 팔 뻗기 검사(FRT)는 실험군의 중재전 후의 차이값이 대조군보다 크게 나타났다($p<.05$). Li 등(2004)에서 노인들에게 근력운동을 실시하여 3개월 후 6개월 후에 비교하면 FRT검사 값이 증가하였다고 보고하였고 비만여성, 노인, 일반인들에게 운동 후 FRT검사 값이 증가했다고 보고하였다(Hauer 등, 2001; Wolf 등, 2003; Sattin 등, 2005; Wolf 등, 2006). 또한 Elis 등(2001)은 만성 발목염좌 환자를 대상으로 6주간 불안정한 지지면과 안정적인 지지면에서 균형운동을 한 결과 실험군과 대조군 모두 균형감각의 유의한 증가를 보였고 또한 발목 불안정을 호소하는 대학생 30명에게 지지면 변화에 따라 실험군과 대조군의

로 나누어 운동을 적용했을 때 불안정지지면에서 훈련한 실험군이 안정지지면 대조군보다 동요속도를 측정하는 균형감각에 유의한 감소를 보였다(김영민, 2014). 또한 밴드와 발란스 운동을 만성발목불안정 환자에게 적용하여 정적 및 동적 균형에 유의한 차이를 보였다고 했고(Seo 등, 2021) 27명의 만성 발목불안정성을 가진 대상자를 발목 근력운동군과 위약군으로 선정하여 중재를 실시한 결과 근력운동군의 균형 평가에서 유의한 향상을 보인 것은(Collina 등, 2014) 본 연구와 일치하는 결과를 보인 것이다. 이는 발목관절 근력운동을 통해 자세조절 근육들이 서로 협력함으로 근수축 조절을 통해 안정성이 증가하고(Behm 등, 2015; 연강미, 2022)지면 균형능력이 향상된 것으로 사료된다.

본 연구의 발목불안정성(CAIT) 점수 결과는 실험군과 대조군에서 각각 CAIT 점수가 중재 전·후에 유의한 증가를 보였지만 두 군간에 변화량의 차이는 나타나지 않았다. 김기중(2012)은 CAIT 점수와 정적 및 동적균형과의 상관관계가 있다고 하였다. 만성발목불안정성을 가진 47명 선수들에게 6주간 기능적 재활운동을 적용한 후 CAIT 점수의 향상을 보였는데(Kim, 2012) 이는 본 연구의 결과와 일치하였다. 발목 근력 및 균형능력향상으로 비만중년 여성인 연구대상자가 발목 불안정성이 감소되었다고 주관적 자기 기입을 한 것으로 사료된다.

본 연구의 제한점은 일반화하기에는 연구대상자의 수가 부족하고 중재기간에서 타 연구에 근거하여 근력운동을 4주로 설정했지만 훈련기간을 달리 하여 훈련기간별 균형 및 근력 변화를 평가하지 못한 것이 제한점이라고 할 수 있다. 또한 발목과 관련하여 근력, 균형 및 발목불안정성 지수를 평가하였지만 추후의 연구에서는 실제적인 일상생활 수행능력, 삶의 질 같은 정서적인 변화에 대한 평가를 해야 할 필요가 있다.

V. 결 론

본 연구에서는 만성발목불안정성을 가진 비만중년여성에게 혈류제한운동이 발목근력, 균형 및 발목불안정 지수에 미치는 효과를 비교하고자 하였다. 비만중년여성 24명을 대상으로 혈류제한 여부에 따라 4주 동안 발목근력운동을 적용한 연구결과는 다음과 같다.

첫째, 중재 후 실험군과 대조군에서 발등과 발바닥굽힘근의 근력이 유의한 향상을 보였고 발등굽힘근은 실험군과 대조군간에 유의한 차이가 나타났다.

둘째, 중재 후 실험군에서는 균형능력을 평가한 FRT, Y-balance 검사에서 유의한 향상이 나타났지만 대조군에서는 Y-balance 검사에서만 유의한 향상이 나타났고 두 군간의 차이는 나타나지 않았다.

셋째, 중재 후 발목불안정 검사(CAIT)에서 실험군과 대조군 모두 유의차가 나타났지만 군간의 차이는 발생하지 않았다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 4주간의 혈류제한 적용은 만성발목불안정성을 가진 비만중년여성의 근력, 균형, 발목불안정지수의 향상에 유용하다고 사료된다. 비만과 중년여성에 대한 연구는 대부분 대사증후군과 체중변화를 목적으로 하는 유산소운동에 대한 연구가 많았고, 발목 운동과 관련된 운동은 운동선수, 일반인 및 환자를 대상으로 한 중재가 대부분이며 혈류제한 근력운동은 부족한 실정임으로 다양한 연구를 통해 혈류제한 운동이 최대효율을 내는 근력강화운동이기에 적용대상과 부위를 확장시켜 나간다면 단시간에 효율적인 운동효과를 볼 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

- 김기중. (2012). 근력 및 고유수용성 통합운동이 기능적 발목 불안정성에 미치는 효과. 동신대학교 대학원 석사학위논문.
- 김선민, 이근수, 장상훈. 치료적 운동을 병행한 발목 관절가동술이 만성 발목 불안정성을 가진 노인의 발목 관절 가동범위와 균형에 미치는 영향. 대한물리치료과학회지. 2023;30(2):52-64.
- 김영민. (2014). 기능적 발목 불안정성에 대한 안정지지면과 불안정지지면에서의 균형훈련의 효과 비교. 대한정형도수물리치료학회지. 2014;20(2):1-7.
- 김재희. (2015). ICT를 활용한 운동처방 프로그램이 비만 직장인의 건강관련 체력 및 대사증후군 위험요인에 미치는 영향. 서울대학교 대학원 석사학위논문
- 김태완,(2006). 보행속도가 비만인의 하지관절각과 지면반발력에 미치는 영향. 한국운동역학회지. 2006;16(4): 83-94.
- 김태완, & 김지태, (2007). 정상체중인과 비만체중인의 보행속도에 따른 하지근 파워 비교분석. 한국체육과학연구지. 2007;18(1):19-29.
- 김희승, & 오정아, (2007). 40, 50대 여성 비만도와 연령 별 대사증후군 위험인자 비교. 기초간호자연과학회 학술대회 발표 자료집, pp.79-82.
- 노윤희. (2001). 여중생의 체지방율에 따른 보행 특성 분석. 한국운동역학회지. 2001;10(2):195-203.
- 박근태, 강민지, 한진태. Y-균형 운동이 만성적 발목 불안정성을 가진 사람들의 시거리 보행 변수에 미치는 영향. 대한물리치료과학회지. 2024;31(1):70-87.
- 여효성, & 김효정, (2015). 노화 흰쥐에 대한 유산소 훈련 시 비만 여부가 골격근의 미토콘드리아 생합성, 융합 및 분열 반응에 미치는 영향. 한국체육학회. 2015;54(5):803-814.
- 서진아. (2021). 플로싱 밴드 운동과 밸런스 운동이 만성 발목 불안정성 환자에게 미치는 영향. 대구가톨릭대학교 의료보건산업대학원 석사학위논문.
- 연강미. (2023). 혈류제한 운동이 만성 발목 불안정성을 가진 성인의 발목 근력 및 균형능력에 미치는 영향. 한국교통대학교 대학원 석사학위논문.
- 임종민. (2012). 노인의 발목 근력과 관절가동범위가 정적 균형능력에 미치는 영향. 가천대학교 대학원 석사학위논문
- 전종목. (2008). 단기간의 가압 걷기트레이닝이 심혈관기능 및 근기능에 미치는 영향. 경희대학교 체육대학원 석사학위논문.
- 통계청. (2022). 통계청 (kostat.go.kr)
- 한준호. (2018). 불안정지지면과 안정지지면에서의 발목균형훈련이 비만중년여성의 고유수용성감각, 균형 및 근력에 미치는 영향. 한국교통대학교 대학원 석사학위논문.
- 한준호, & 이효정, (2018). 불안정 지지면과 안정 지지면에서의 발목균형훈련이 비만중년여성의 고유수용성감각, 균형 및 근력에 미치는 영향. 대한통합의학회. 2018;6(3):59-71.
- 한진태. 정적 서기 동안 한쪽 또는 양쪽 발목관절 고정이 자세균형에 미치는 영향. 대한물리치료과학회지. 2022;29(3):56-62.
- Andersen, RE., Crespo, CJ., & Bartlett, SJ., (2003). Relationship between body weight gain and significant knee, hip,

- back pain in older americans. *Obes Res.* 2003;11(10):1159-1162.
- Behm, DG., Muehlbauer, T., & Kibele, A., (2015). Effects of strength training using unstable surfaces on strength, power and balance performance across the lifespan: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine.* 2015;45(12):1645-1669.
- Birtane, M., & Tuna, H.,(2004). The evaluation of plantar pressure distribution in obese and non-obese adults. *Clin Biomech(Bristol, Avon).* 2004;19(10):1055-1059.
- Bowker, S., Terada, M., & Thomas, AC., (2016). Neural excitability and joint laxity in chronic ankle instability, coper, and control groups. *Journal of athletic training.* 2016;51(4):336.
- Burgomaster, KA., Moore, DR., & Schofield, LM.,(2003). Resistance training with vascular occlusion: metabolic adaptations in human muscle. *Medicine and science in sports and exercise*2003;35(7):1203-1208.
- Collins, CK., Masaracchio, M., & Cleland, JA.,(2014). The effectiveness of strain counterstrain in the treatment of patients with chronic ankle instability: A randomized clinical trial. *Journal of Manual & Manipulative Therapy.* 2014;22(3):119-128.
- David, JO., Mohammad, D., Andrew, AG., M., Jeremy, W., & Paul, LG., (2010). Somatosensory plasticity and motor learning. *JOURNAL OF NEUROSCIENCE.* 2010;30(15):5384-5477.
- Den Otter, A., Geurts, A., Mulder, T., & Duysens, J. (2006). Gait recovery is not associated with changes in the temporal patterning of muscle activity during treadmill walking in patients with post-stroke hemiparesis. *Clinical Neurophysiology.* 2006;117(1):4-15.
- Denegar, C. R., & Miller III, S. J. (2002). Can chronic ankle instability be prevented? Rethinking management of lateral ankle sprains. *Journal of athletic training.* 2002;37(4):430.
- Elis, E., & Rosenbaum, A., (2001). A multi-station proprioceptive exercise program in patients with ankle instability *Medicine Science sports exercise.* 2001;33(12):1991-1998.
- Friel, K., McLean, N., Myers, C., & Caceres, M. (2006). Ipsilateral hip abductor weakness after inversion ankle sprain. *Journal of athletic training.* 2006;41(1):4.
- Gravante G, Russo G, Pomara F(2003). Comparison of ground reaction forces between obese and control young adults during quiet standing on a baropodometric platform. *Clin Biomech(Bristol, Avon)* 2003;18(8):780-782.
- Gribble, P. A., Delahunt, E., Bleakley, C., Caulfield, B., Docherty, C., Fourchet, F., & Kaminski, T. (2013). Selection criteria for patients with chronic ankle instability in controlled research: a position statement of the International Ankle Consortium. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy.* 2013;43(8):585-591.
- Hall, E. A., Docherty, C. L., Simon, J., Kingma, J. J., & Klossner, J. C., (2015). Strength-training protocols to improve deficits in participants with chronic ankle instability: a randomized controlled trial. *Journal of athletic training,* 2015;50(1):36-44.
- Hauer, K., Rost, B., & Rüttschle, K., (2001). Exercise training for rehabilitation and secondary prevention of falls in geriatric patients with a history of injurious falls. *J Am Geriatr Soc,* 49, 10-20.
- Hills, AP., Hennig, EM., & McDonald, M., (2001). Plantar pressure differences between obese and non-obese adults: a biomechanical analysis. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2001;25(11):1674-1679.
- Hiller, C. E., Refshauge, K. M., Bundy, A. C., Herbert, R. D., & Kilbreath, S. L., (2006). The Cumberland ankle instability tool: a report of validity and reliability testing. *Archives of physical medicine and rehabilitation.*

2006;87(9):1235-1241.

- Hubbard, T. J., Kramer, L. C., Denegar, C. R., & Hertel, J., (2007). Contributing factors to chronic ankle instability. *Foot & Ankle International*. 2007;28(3):343-354.
- Jeong HS, Chung SH, Lee IJ, et al(2022). Reliability and validity of questionnaires for classification of the functional and mechanical ankle instability. *Korean J Sports Med*. 2022;40(4):226-233.
- Karanasios, S., Korakakis, V., Moutzouri, M., Xergia, S. A., Tsepis, E., & Gioftsos, G. (2022). Low-load resistance training with blood flow restriction is effective for managing lateral elbow tendinopathy: a randomized, sham-controlled trial. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*(0), 1-30.
- Kataoka, R., Vasenina, E., Hammert, W. B., Ibrahim, A. H., Dankel, S. J., & Buckner, S. L. (2022). Muscle growth adaptations to high-load training and low-load training with blood flow restriction in calf muscles. *European journal of applied physiology*. 2022;122(3):623-634.
- Kosik, K. B., McCann, R. S., Terada, M., & Gribble, P. A. (2017). Therapeutic interventions for improving self-reported function in patients with chronic ankle instability: a systematic review. *British journal of sports medicine*. 2017;51(2):105-112.
- Lee, S.M., Cynn, H.S., Yoon, T.L., & Lee, J.H., (2017). Effects of different heel-raise-lower exercise interventions on the strength of plantarflexion, balance, and gait parameters in stroke survivors. *Physiotherapy Theory and Practice*. 2017;33(9):706-715.
- Lee, WJ., Lee, SA., & Kim, AR., (2019). Comparison of ankle joint exercise and thigh exercise on the isometric strength of the lower limb and balance ability. *J Korean Soc Phys Med*. 2019;14(4):153-162.
- Lee, K., Kim, Y. H., Lee, S., & Seo, S. G. (2020). Characteristics of the balance ability and isokinetic strength in ankle sprain. *Isokinetics and Exercise Science*. 2020;28(3):239-245.
- Li, F., Harmer, P., & Fisher, KJ.,(2004). Tai Chi: Improving functional balance and predicting subsequent falls in older persons. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36(12):2046-2052.
- Lixandrao, M. E., Ugrinowitsch, C., Berton, R., Vechin, F. C., Conceição, M. S., Damas, F., & Roschel, H., (2018). Magnitude of muscle strength and mass adaptations between high-load resistance training versus low-load resistance training associated with blood-flow restriction: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*, 2018;48(2):361-378.
- Mahato, V., Johnston, W., & Cunningham, P., (2019). Scoring performance on the y-balance test. *Lect Notes Comput Sci*, 2019;(11680):281-296.
- McGraw, B., McClenaghan, BA., & Williams, HG., (2000). Gait and postural stability in obese and nonobese pre-pubertal boys. *Arch Phys Med Rehabil*. 2000;81(4):484-489.
- Moon, BH., & Kim, JW., (2022). Effects of floss bands on ankle joint range of motion and balance ability. *Phys Ther Korea*. 2022;29(4):274-281.
- Morrison, KE., & Kaminski, TW., (2007). Foot characteristics in association with inversion ankle injury. *J Athl Train*, 2007;42(1):135-142.
- Patterson, S. D., & Ferguson, R. A. (2011). Enhancing strength and postocclusive calf blood flow in older people with training with blood-flow restriction. *Journal of aging and physical activity*. 2011;19(3):201-213.
- Powden, CJ., Dodds, TK., & Gabriel, EH., (2019). The reliability of the star excursion balance test and lower quarter
-

- Y-balance test in healthy adults: a systematic review. *Int J Sports Phys Ther.* 2019;14(5):683-694
- Sattin, RW., Easley, KA., & Wolf, SL., (2005). Reduction in fear of falling through intense Tai Chi exercise training in older, transitionally frail adults. *J Am Geriatr Soc.* 2005;53(7):1168-1178.
- Seo, J. H., Lee, J.-H., & Lee, M. Y., (2021). Effect of Heel Raise Exercise with NMES on Peroneus Longus Muscle Strength and Postural Control Ability in Subjects with Functional Ankle Instability: Randomized Controlled Trial. *The Journal of Korean Physical Therapy.* 2021;33(1):28-33.
- Shaffer, S. W., Teyhen, D. S., Lorenson, C. L., Warren, R. L., Koreerat, C. M., Straseske, C. A., & Childs, J. D., (2013). Y-balance test: a reliability study involving multiple raters. *Military medicine,* 2013;178(11):1264-1270.
- Shigematsu, R., Chang, M., & Yabushita, N., (2002). Dance-based aerobic exercise may improve indices of falling risk in older women. *Age Aging.* 2002;31:261-266.
- Takano, H., Morita, T., Iida, H., Asada, K.I., Kato, M., Uno, K., Hirata, Y., (2005). Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. *European journal of applied physiology.* 2005;95(1):65-73.
- Urguden, M., Kizilay, F., Sekban, H., Samanci, N., Ozkaynak, S., & Ozdemir, H., (2010). Evaluation of the lateral instability of the ankle by inversion simulation device and assessment of the rehabilitation program. *Acta orthopaedica et traumatologica turcica.* 2010;44(5):365-377.
- Wolf, SL., O'Grady, M., & Easley, KA., (2006). The influence of intense Tai Chi training on physical performance and hemodynamic outcomes in transitionally frail, older adults. *J Gerontol Biol Sci Med Sci.* 2006;61:184-189.
- Wolf, SL., Sattin, RW., & Kutner, M., (2003). Intense Tai Chi exercise training and fall occurrences in older, transitionally frail adults: A randomized, controlled trial. *J Am Geriatr Soc.*2003; 51:1693-1701.
-