

인지 과제를 적용한 고유수용성 운동이 만성 발목 불안정성 성인의 균형과 발목 기능에 미치는 영향

채지수 · 최유원¹ · 김명권^{2†}

대구대학교 재활과학대학원 물리치료학과, ¹대구대학교 일반대학원 재활과학과,

²대구대학교 재활과학대학 물리치료학과

The Effects of Proprioceptive Exercise Combined with Cognitive Task on the Balance and Ankle Function of Chronic Ankle Instability Adults

Ji-Su Chae, PT, MS · Yu-Won Choe, PT, MS¹ · Myoung-Kwon Kim, PT, PhD^{2†}

Department of Physical Therapy, Graduate School of Rehabilitation Science, Daegu University

¹Department of Rehabilitation Sciences, Graduate School, Daegu University

²Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation Sciences, Daegu University

Received: August 16, 2019 / Revised: August 26, 2019 / Accepted: September 24, 2019

© 2020 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: The purpose of this study were to determine an intervention that involves proprioceptive exercises combined with cognitive task completion for adults with chronic ankle instability and to investigate the effects of the exercises on the static balance, dynamic balance, and ankle function of such individuals.

METHODS: A total of 30 adults suffering from the aforementioned condition were randomly divided into experimental (n=15) and control (n=15) groups. The experimental group performed proprioceptive exercises in combination with cognitive tasks for 15 minutes in each session that was held three times a week for four 4 weeks,

whereas the control group carried out only proprioceptive exercises. A Wii Balance Board, which enables examining the fluctuation area distance, and speed, was used to determine static balance; a Y-balance test kit was employed to measure dynamic balance; and the side hop, figure-of-8 hop, and square hop tests were conducted to ascertain ankle function.

RESULTS: The results showed that the static balance, dynamic balance, and ankle function of both the experimental and control groups significantly improved. The participants were instructed to perform one-leg postural exercises with and without vision blocking for the affected leg. The experimental group showed more significant improvement than did the controls in terms of the fluctuation distance, speed, and area of static balance.

CONCLUSION: In conclusion, although combined proprioceptive exercises and cognitive tasks were insufficient to enhance all types of balance among the subjects, it effectively reinforced their static balance.

Key Words: Cognition, Depression, Transcranial magnetic stimulation, Traumatic brain injury

본 논문은 채지수(2019)의 석사 학위 논문의 요약본임.

†Corresponding Author : Myoung-Kwon Kim

skybird-98@hanmail.net, <https://orcid.org/0000-0002-7251-6108>

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.

I. 서 론

발목 염좌 중 가쪽 발목 염좌(lateral ankle sprain)는 가장 흔하게 관찰된다[1]. 가쪽 발목 염좌는 전체 발목 염좌의 85%를 차지하며, 치료가 불충분할 시에는 만성 통증, 근력 약화, 불안정성이 유발된다[2]. 이는 운동 부상 중 가장 일반적인 부상이며, 이후에 높은 재발률을 보이고 있다. 발목의 반복적인 염좌 및 부상 후에 나타나는 지속적인 증상을 만성 발목 불안정성(chronic ankle instability; CAI)이라고 한다[3]. 만성 발목 불안정성을 가진 환자는 자세 조절의 불안정성과 발목 관절 주변의 근육의 약화 및 불안정성, 고유수용성 감각의 기능저하 등의 문제가 발생한다[4]. 이러한 발목 불안정성으로 인해 기능이 손실되면 균형 감각 또는 관절 위치 감각의 결손을 가져오게 된다[5].

균형(balance)은 자신의 기저면(base of support)에 신체 중심(center of mass)을 유지하고 인체의 신체 및 자세 정렬을 유지할 수 있는 능력을 말하며 정적(static)과 동적(dynamic) 균형으로 나뉜다[6]. 정적 균형은 움직임을 최소한으로 하여 기저면 내에서 유지하는 능력이며, 동적 균형은 불안정한 기저면 내에서 균형 및 자세를 유지하는 동안 과제를 수행할 수 있는 능력을 말한다[7].

균형 유지를 위한 여러 감각 중 고유수용성 감각은 심부감각을 담당하고 있으며 근육, 건, 인대, 관절, 근막으로부터 자극을 받고 기계 수용체와 감각 신호를 통합하여 신체의 위치와 움직임을 결정하는 능력과[8-9], 균형 조절에 중요한 역할을 한다[10,11]. 고유수용성 감각의 저하는 근신경 조절 능력을 저하시키고, 신체의 기능적인 불안정을 유발하며 신체적 불안정은 반복적인 손상으로 연결되어 악순환이 반복된다[12]. 그렇기 때문에 발목 관절의 감각을 증진시키기 위해 여러 중재 방법들이 사용되고 있으며, 대부분 균형운동과 함께 하는 고유수용성 감각훈련이 실시되고 있다[13].

지금까지 발목 불안정성을 가진 환자의 고유수용성 감각에 관한 여러 연구들이 진행되어 왔다. 발목의 재손상 예방과 재활에 있어 고유수용성 감각운동(proprioceptive exercise)이 효과적인 운동으로 보고되고 있다[14,15]. Eils 등[16]은 232명의 대상자들 중 통제군

에서 21명의 발목 부상이 발생한 반면 고유수용성 훈련군에서는 7명의 부상만 나타났다고 하였다. Cha와 Kim [17]은 고유수용성 훈련이 발목관절의 기능적 안정성에 효과를 줄 수 있다고 하였다. 또한, Bae 등[18]은 발목 관절의 고유수용성 운동이 신체 정렬에 있어 중요한 역할을 한다고 하였으며, 발목 관절의 운동 범위와 기능적 수행에 임상적인 증가가 있다고 하였다[19].

대부분의 일상생활 속에서는 적어도 한 가지의 과제 수행과 균형이 함께 수행된다[20]. Silsupadol 등[21]은 일상생활에서 한 번에 한 가지 이상의 과제수행과 더불어 복합적인 과제를 동시에 수행 할 것을 요구하였고, 인지(cognition)가 포함된 이중 과제 방법으로 인지와 집중력(attention)의 역할을 강조하고 있다고 보고하였다. 그렇지만 대부분의 균형 치료는 단일 과제(single task)를 이용한 치료 훈련에 초점을 두고 있다[22]. 하지만 최근에는 새로운 이중 과제를 사용하여 균형 조절을 평가하였다[23,24]. 이것은 자세 조절과 인지 과제를 동시에 적용한 평가 방법인데, 결과적으로 하나 혹은 두 과제 모두 영향을 받았다고 입증하였다[24-26]. 자세 조절 중 신체의 가해지는 인지 과제는 각각 다르게 몸 흔들림(body sway)이 증가하거나[27,28], 감소되거나 [29-30], 또는 변화가 없다는 결과가 보고 되었다[31].

지금까지 인지 과제를 적용한 이중 과제 연구들은 젊은 성인 혹은 노인 대상[32,33], 또는 파킨슨병과 같은 신경계 질환을 가진 환자 및 뇌졸중 환자를 대상으로 한 연구들이었다[34-36]. 그러나 근골격계 질환을 가진 환자들을 대상으로 한 연구는 미흡한 실정이다[37]. 따라서 본 연구에서는 인지 과제를 적용한 고유수용성 훈련이 만성 발목 불안정성을 가진 성인에게 정적 균형 및 동적 균형과 기능적 능력에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 2019년 1월부터 2019년 4월까지 경북 안동시 소재 S 재활의학과에 내원한 만성 발목 불안정성(chronic ankle instability; CAI) 증상이 있는 성인을 대상

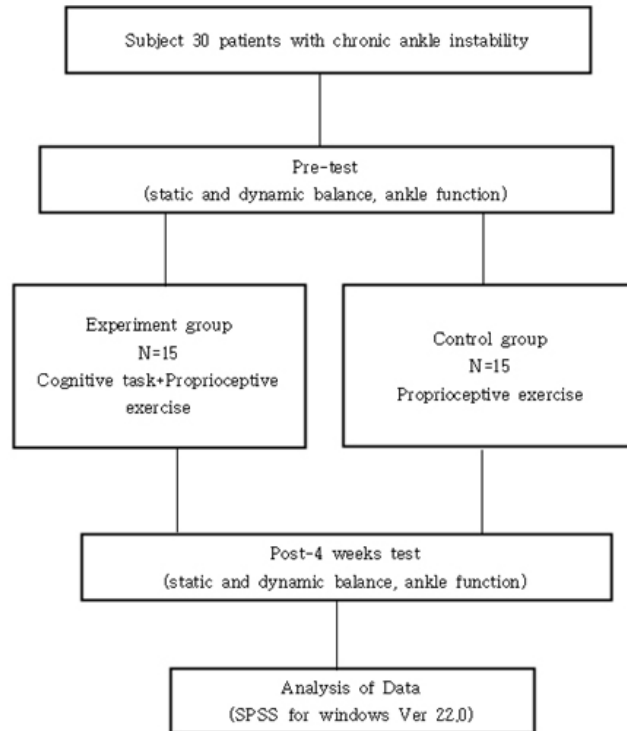


Fig. 1. Schematic diagram of experimental process.

으로 진행하였다. 발목 불안정성을 확인하기 위해 발목 불안정성 도구(Cumberland ankle instability tool; CAIT)를 사용하였다. 연구 시작 전, 대구대학교 생명윤리위원회의 승인(1040621-201811-HR-008-02)을 받았으며, 모든 대상자들에게 연구의 목적과 방법에 대하여 충분한 설명을 한 뒤 자발적으로 참여 의사를 밝히고 동의한 대상자들만 연구에 포함시켰다. 연구대상자는 총 30명이었으며 무작위로 실험군(15명)과 대조군(15명)에 배정되었다. 연구대상자 선정 기준은 국제 발목 컨소시움에서 제시하는 최소한의 표준 선정 기준 및 제외 기준을 바탕으로 선정하였다[38]. 연구대상자 기준은 다음과 같다. 첫째, 최초 염좌가 최소 1년 전에 발생한 자. 둘째, 발목 관절에 불안정성이나 휘청거림(giving way)을 느끼는 자. 셋째, CAIT 검사 결과 24점 이하인 자[39]. 넷째, 본 과제를 수행하기 위해 완전한 체중 지지가 가능한 자. 연구대상자 제외 기준은 다음과 같다. 첫째, 이전에 하지의 근골격계 수술 경험이 있는 자. 둘째,

재배열을 요하는 하지의 골절 경험이 있는 자. 셋째, 적어도 1일 이상 신체활동을 하지 못할 정도의 근골격계에 손상 경험이 있는 자.

2. 연구 절차

연구대상자 선정 기준에 부합하는 환자 30명에게 무작위로 A, B로 된 임의의 카드를 뽑게 한 후 A를 뽑은 대상자는 실험군(인지 과제를 적용한 고유수용성 운동 그룹), B를 뽑은 대상자는 대조군(고유수용성 운동 그룹)으로 각 그룹에 15명씩 배정한 후 연구를 진행하였다. 모든 대상자들은 4주간 주 3회, 하루 총 15분간 중재를 받았다(Fig. 1).

3. 중재방법

1) 고유수용성 운동을 실시한 대조군

본 연구는 Mudaliar와 Dharmayat의 연구에서 실시한

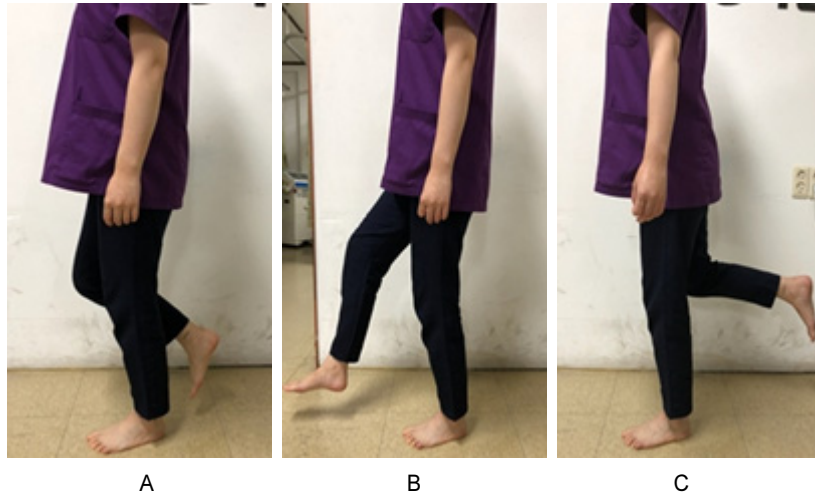


Fig. 2. Proprioceptive exercise on stable surface.

- A: standing position
 B: foot swing into front
 C: foot swing into back

고유수용성 운동 프로그램을 기초로 하여 실험군과 대조군에 적용하였다[40]. 고유수용성 운동 방법은 다음과 같다. 맨발인 상태로 한발로 서서 손은 편안하게 엉덩관절 옆에 두고 무릎을 살짝 구부린 선 자세로 (Fig. 2-A), 정면을 바라보게 한 후 30초 동안 유지 후 10초 휴식을 취하는 방식으로 10회 반복한다. 1분 휴식 후 다음 단계로 같은 자세에서 자유로운 발을 앞 (Fig. 2-B)과 뒤로(Fig. 2-C) 움직이면서 몸의 균형을 유지하는 방식으로 앞의 운동과 같이 30초 유지 후 10초 휴식 10회 반복한다(Fig. 2). 대상자들의 적응성을 고려하여 같은 운동을 수행하는 동안 밸런스 쿠션(Balance cushion, Insportline, Czech)를 이용하여 불안정한 지지면을 추가한 훈련을 격주로 번갈아 하였다. 하루 총 15분, 주 3회, 4주 간 실시하여 총 12회 실시하였다.

2) 인지 과제를 적용한 고유수용성 운동을 실시한 실험군

실험군의 고유수용성 운동은 대조군과 동일한 운동을 같은 시간 동안 수행하면서 인지 과제를 함께 적용하였다. 인지 과제(cognitive task)는 역방향 자릿수 범위 과제(backward digit span task)로 4-8-1-2-5-9-7과 같은

숫자를 제시하고, 그 후 피험자는 정확하게 역순으로 (위의 예에서 7-9-5-2-1-8-4) 숫자를 말해야 한다[41]. 처음엔 2자리 수로 시작하여 피험자가 정확하고 올바르게 반복하면 자릿수를 늘려 최대 8자리까지 실시한다. 이 과제를 수행함으로써 피험자에게는 자세 조절 중에 주어진 정보를 기억하고 동시에 조작하는 작업이 요구되며 또한, 자세 조절에 있어 감각 및 운동 요구에 방해되는 감각 및 운동 장애 요소를 제거해야 한다[41,42].

4. 측정도구

1) 정적 균형의 측정도구 및 방법

대상자들의 정적 균형을 분석하기 위해 Wii Balance Board (Wii Balance Board, Nintendo, Japan)(Fig. 4)를 사용하였다. 50cm x 50cm 크기의 직사각형 모양의 Wii Balance Board는 가정용 게임기의 입력장치로 사용된다. 블루투스로 연결된 컴퓨터 장치에 4개의 모서리에 위치한 로드셀을 통하여 COP 데이터 정보가 연속적으로 수집된다. 데이터의 샘플링 비율은 소프트웨어에 의해 조절되며, 분석된 COP의 결과는 X, Y축에 대한 동요속도 및 동요거리, 동요면적 등을 보여준다. 모든

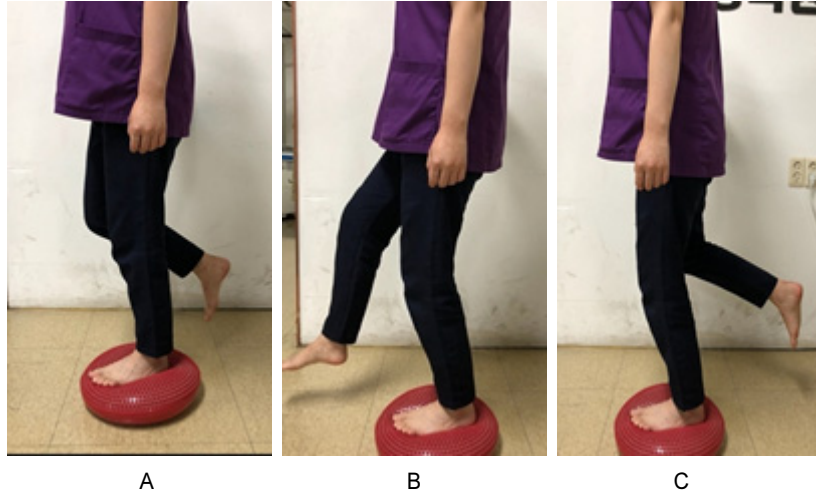


Fig. 3. Proprioceptive exercise on unstable surface.
 A: standing position
 B: foot swing into front
 C: foot swing into back



Fig. 4. Wii Balance Board.

데이터는 50Hz로 샘플링 하여 추출, 10Hz low-pass filter를 실시하였다. 이 도구의 측정-재측정 신뢰도는 정상인을 대상으로 높은 신뢰도를 보인다(ICC=.66-.94)[43].

대상자는 4가지 다른 조건으로 COP 변화를 측정하였다(Fig. 5). (1) 시각 개방 상태의 환측 한 다리로 선 자세, (2) 시각 차단 상태의 환측 한 다리로 선 자세. 시각 개방에서는 자연스럽게 선 자세로 얼굴과 시선이 약 3m 앞을 주시하도록 구두로 지시를 하였다. 시각 차단에서는 눈가리개를 사용하였다. 두 다리로 선 자세는 30초, 환측 한 다리로 선 자세는 10초 시행하여 데이

터를 측정 하였으며, 환측 다리 측정 시에는 양팔을 30° 벌림 상태를 유지하였고, 지지되지 않는 건측 다리는 약 30° 무릎 굽힘을 유지시켰다[37,44,45].

2) 동적 균형 측정도구 및 방법

Y-balance test kit (Fms, USA)는 Star Excursion Balance Test (SEBT)의 여덟 방향 중 만성 발목 불안정성을 가지고 있는 자를 판정하는데 매우 높은 신뢰도(ICC=.91)를 지닌 것으로 보고되었다. 이 검사도구는 앞쪽, 뒀안쪽 그리고 뒀가쪽 세 가지 방향을 선택하여 검사하는 도구로써, 발목의 동적 균형과 고유수용성 감각을 평가하는데 사용된다[46]. 본 검사 도구는 정형화된 키트를 이용하여 대상자가 보드 위에서 한 발로 균형을 유지하면서 앞쪽, 뒀안쪽, 뒀가쪽 방향으로 발을 최대한 뻗어 균형 능력을 측정한다. 학습효과를 최소화하기 위해 6회 연습 후 측정하였으며[47], 총 2회 측정하여 최고 측정값을 기록 하였다(Fig. 6). 지지하고 있는 발이 지면에서 떨어지거나, 균형을 잡기 위해 뻗은 발로 바닥을 지탱한 경우, 그리고 발을 뻗은 후 다시 시작자세로 돌아오지 못할 시 실패로 간주하고 재측정하였다[46].

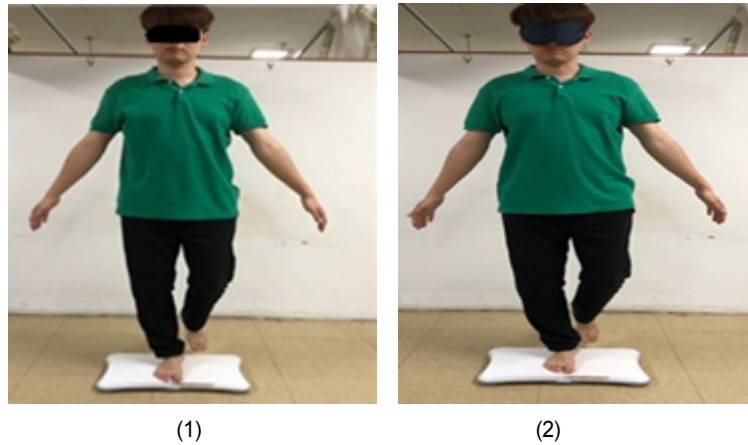


Fig. 5. Measure of static balance.

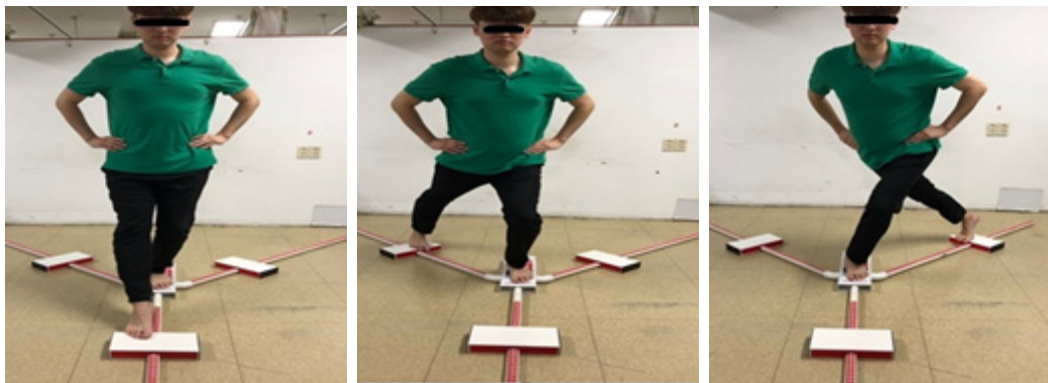


Fig. 6. Y-balance test.

3) 발목 기능의 측정도구 및 방법

(1) 사이드 호프 테스트(side hop test)

사이드 호프 테스트는 한발로 30cm 간격을 뛰었다가 다시 시작자리로 돌아오는 것을 1회로 하여 10회 왕복하는 시간을 0.01초 단위로 측정하였다. 측정 시, 선을 밟을 경우 실패로 간주하고 휴식 후 재측정하였다. 이 도구는 높은 신뢰도(ICC=.84)를 가지고 있다[48,49].

(2) 8자형 호프 테스트(figure-of-8 hop test)

8자형 호프 테스트는 5m 간격을 두고 agility cone (power systems, USA)을 일직선으로 배치한 후, 한 발로 뛰어 cone을 가로 질러와 출발 지점으로 돌아오는 시간을 측정하여 0.01초 단위로 기록하였다. 넘어지거나 반

대쪽 발이 지면에 닿거나 cone을 쓰러트릴 경우 실패로 간주하고 30초간 휴식 후 재측정하였다. 이 도구는 매우 높은 신뢰도(ICC=.95)를 가지고 있다[48,50].

(3) 정사각형 호프 테스트(square hop test)

정사각형 호프 테스트는 딱딱한 바닥에 40cm x 40cm 크기의 정사각형을 테이프로 표시한 후, 한발로 서서 정사각형의 사면을 따라 사각형 밖에서 안으로, 안에서 밖으로 점프하는 과정을 반복하여 처음 시작점으로 돌아오는 것을 1회로 하여 총 5회를 연속적으로 실시한 후 측정하여 0.01초 단위로 기록 하였다. 오른발은 시계 방향, 왼발은 반시계 방향으로 실시하였다. 반대 발이 땅에 닿은 경우, 잘못된 방향으로 뛸 경우, 또는 테이프

Table 1. General Characteristics of the Subjects (n=30)

Characteristic	EG (n=15)	CG (n=15)
Age (years)	35.33±7.05	34.27±6.77
Height (cm)	173.27±3.93	171.07±4.02
Weight (kg) ^a	70.40±6.16	69.60±6.32
Gender (Male/Female)	13/2	4/2
CAIT (score)	21.67±1.59	22.00±1.96

EG, experimental group; CG, control group

CAIT, Cumberland Ankle Instability Tool

Values are expressed as the mean±SD

^aSignificant difference in gains between two groups, $p < .05$

를 밟은 경우 실패로 간주하고 30초간 휴식 후 재측정하였다. 이 도구는 매우 높은 신뢰도($ICC=.90$)를 가지고 있다[50].

5. 자료분석

본 자료 분석은 SPSS 22.0 for window를 이용하여 측정된 모든 변인에 대하여 평균과 표준편차를 산출하였다. 연구대상자의 일반적인 특성은 기술 통계와 빈도 분석을 이용하였으며, 정규성 검증을 위해 샤피로-윌크(Shapiro-Wilk)를 사용하였다. 각 그룹 내 전-후 검증을 위하여 대응표본 t검정(paired t-test)을 실시하였고, 두 그룹 간 비교는 독립표본 t검정(independent t-test)을 이용하여 실시하였다. 통계학적 유의 수준 α 는 .05로 설정 하였다.

III. 연구결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

연구에 참여한 대상자는 총 30명으로 실험군, 대조군 각각 15명이었다. 성별에 따른 특성으로는 실험군이 남자 13명, 여자 2명이었고, 대조군이 남자 14명, 여자 1명이었다. 실험군의 일반적 특성으로는 나이는 35.33±7.05세, 키는 173.27±3.93cm, 몸무게는 70.40±6.16kg, 발목 불안정성 점수는 21.67±1.59점 이었다. 대조군의 일반적 특성으로는 나이는 34.27±6.77세, 키는 171.07±4.02cm, 몸무게는 69.60±6.32kg, 발목 불안정성 점수는

22.00±1.96점 이었다. 연구대상자의 일반적 특성에서 두 그룹 간 유의한 차이는 없었다($p > .05$)(Table 1).

2. 정적 균형 비교

1) 시각 개방 상태의 환측 다리로 선 자세의 치료 전과 후의 동요속도, 동요거리, 동요면적 비교

각 그룹 내 중재 전 후 비교에서, 두 그룹 모두 중재 후 시각 개방 상태의 환측 다리로 선 자세에서 동요속도, 동요거리, 동요면적에 유의한 감소가 있었다($p < .05$)(Table 2). 중재 후, 두 그룹 간 비교에서 동요속도, 동요거리, 동요면적의 감소가 실험군에서 통계학적으로 더 크게 나타났다($p < .05$)(Table 2).

2) 시각 차단 상태의 환측 한 다리로 선 자세의 치료 전과 후의 동요속도, 동요거리, 동요면적 비교

각 그룹 내 중재 전 후 비교에서, 두 그룹 모두 중재 후 시각 차단 상태의 환측 다리로 선 자세에서 동요속도, 동요거리, 동요면적에 유의한 감소가 있었다($p < .05$)(Table 3). 중재 후, 두 그룹 간 비교에서 동요속도, 동요거리, 동요면적의 감소가 실험군에서 통계학적으로 더 크게 나타났다($p < .05$)(Table 3).

3. 동적 균형의 비교

각 그룹 내 중재 전 후 비교에서, 두 그룹 모두 동적 균형에 유의한 증가가 있었다($p < .05$)(Table 4). 중재 후,

Table 2. Comparison of Change in Characteristics of the Experimental Group and Control Group with Values Presented as the Mean±Standard Deviation

	EG (n=15)		CWG	CG (n=15)		CWG
	Pre-test	Post-test		Pre-test	Post-test	
Eye open						
Velocity (cm/s) ^a	4.24±0.51	3.34±0.68*	21.22	4.31±0.62	3.86±0.63*	10.44
Path Length (cm) ^a	127.56±15.61	112.25±16.30*	12.00	131.43±17.21	124.24±14.8*	5.47
Area 95% (cm ²) ^a	7.27±1.12	5.89±0.89*	18.98	7.73±1.25	6.81±1.17*	11.90

EG, experimental group; CG, control group, CWG, changes within groups

Values are expressed as the mean±SD.

* Significant difference from pre-test, p<.05

^a Significant difference between two groups, p<.05

Table 3. Comparison of Change in Characteristics of the Experimental Group and Control Group with Values Presented as the Mean±Standard Deviation

	EG (n=15)		CWG	CG (n=15)		CWG
	Pre-test	Post-test		Pre-test	Post-test	
Eye Closed						
Velocity (cm/s) ^a	9.80±1.34	8.26±1.18*	15.71	9.97±1.09	9.21±1.11*	7.62
Path Length (cm) ^a	299.56±47.78	251.32±29.06*	16.10	306.35±42.66	278.70±35.55*	9.03
Area 95% (cm ²) ^a	24.80±6.59	18.49±3.49*	25.44	26.20±6.38	22.85±4.55*	13.11

EG, experimental group; CG, control group, CWG, changes within groups

Values are expressed as the mean±SD.

* Significant difference from pre-test, p<.05

^a Significant difference between two groups, p<.05

두 그룹 간 비교에서 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(p>.05)(Table 4).

4. 발목 기능의 비교

각 그룹 내 중재 전 후 비교에서, 두 그룹 모두 발목 기능에 유의한 향상이 있었다(p<.05)(Table 5). 중재 후, 두 그룹 간 비교에서 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(p>.05)(Table 5).

IV. 고 찰

본 연구는 만성 발목 불안정성을 가진 성인 30명을 대상으로, 고유수용성 운동그룹과 인지 과제를 적용한 고유수용성 운동그룹으로 나눈 후 하루 15분, 주 3회,

4주 간 실시하여 정적 균형과 동적 균형, 발목 기능에 미치는 영향을 알아보고 이를 통하여 만성 발목 불안정성을 가진 성인들에게 기존의 치료 보다 효과적인 훈련 프로그램을 제공하기 위하여 실시되었다.

본 연구에서 인지 과제를 적용한 고유수용성 운동그룹의 정적 균형이 고유수용성 운동만 수행한 그룹과 비교하였을 때 더 유의한 향상을 보였는데, 환측 한 다리로 선 상태에서 실험군의 정적 균형이 그룹 내 및 그룹 간 비교에서 동요 거리, 동요속도, 동요면적 모두 유의한 감소를 보여주었다. 이전 연구들에서는[20,51] 선 자세에서 인지 과제를 적용하면 균형 유지를 위해 의식적인 집중 및 외부적 자극이 감소되어 자세 동요의 감소가 나타난다고 하였으며, 한 발로 선 상태에서 인지 과제를 적용하여 시각과 자세의 변화를 통해 동요거

Table 4. Comparison of Dynamic Balance Test in Each of the Group (unit: %)

	EG (n=15)		CWG	CG (n=15)		CWG
	Pre-test	Post-test		Pre-test	Post-test	
Y-balance Test (cm)	83.84±2.20	86.42±2.28 ^a	3.08	82.79±2.24	85.05±2.61 ^a	2.72

EG, experimental group; CG, control group, CWG, changes within groups

^a Significant difference between two groups, p<.05

Table 5. Comparison of Ankle Function

	EG (n=15)		CWG	CG (n=15)		CWG
	Pre-test	Post-test		Pre-test	Post-test	
Side Hop (s)	15.44±1.64	14.53±1.73*	5.89	16.15±1.05	15.15±1.32*	6.19
Figure of 8 Hop (s)	9.41±1.38	8.21±0.81*	12.75	9.62±0.74	8.57±0.71*	10.91
Square Hop (s)	16.19±1.71	15.14±1.56*	6.48	16.98±1.27	15.66±0.90*	7.77

EG, experimental group; CG, control group, CWG, changes within groups

^a Significant difference between two groups, p<.05

리와 동요면적의 유의한 감소를 보여준 이전의 연구 결과와 유사하다[37]. 또한 시각 차단 상태에서 나타난 환측 다리의 정적 균형 향상은 관절수용기, 골지건기관, 근방추 등의 고유수용성 감각정보가 향상됨으로써 나타난 것으로 여겨지며, 인지 과제를 적용한 고유수용성 운동이 환측 다리의 근력과 협응력, 그리고 운동조절을 증가시켜 균형 능력의 향상을 가져온 것으로 여겨진다.

본 연구의 결과는 두 그룹 간 비교에서 동적 균형에 유의한 차이가 없었다는 것을 보여준다. 이는 동적 균형을 측정하기 위해 실시한 Y-balance test가 동적 균형 및 안정성을 평가하는 방법으로서 닫힌 운동 사슬 상태에서 실시되며, 이러한 상태에서 측정하는 경우에는 힘의 전달이 무게 중심, 즉 균형을 조절하는 능력에 영향을 미치고, 이로 인해 주동근 및 길항근의 동시 활성화가 나타나 발목관절뿐만 아니라 무릎관절과 엉덩관절 근육들의 협응이 동적 자세 조절 기능에 영향을 주기 때문이다[52]. 또한 Y-balance test에서 뒤안쪽 거리는 엉덩관절의 바깥돌림근력, 뒤가쪽 거리는 엉덩관절 펴근력에 영향을 받는다고 하였으며[53], 3가지 측정방향 거리와 다리길이가 계산되어 측정값이 나오는 Y-balance test는 신장과 다리길이의 차이에 따라 측정

값이 영향을 받을 수 있다고 여겨진다. 하지만 각 그룹 내 전 후 비교에서 Y-balance test의 거리가 중재 후 두 그룹 모두에서 유의하게 증가 하였으며, 이와 같은 결과는 균형 훈련을 통하여 자세조절에 필요한 근육들의 협력 및 근수축 조절을 통하여 안정성이 증가하여 지지 면내에 몸의 중심을 적절하게 유지 할 수 있게 되고[32], 인지과제를 수행 할 때 요구되는 집중과 그로 인한 자세 동요의 감소가 균형 훈련과 더불어 동적 균형을 효율적으로 유지할 수 있게 한다고 여겨진다.

본 연구에서는 발목 기능을 알아보기 위해 8자형 호프 테스트(figure-of eight hop test)와 사이드 호프 테스트(side hop test), 정사각형 호프 테스트(square hop test)를 실시하였다. 중재 후, 두 그룹간 비교에서, 모든 호프 테스트에 대하여 두 그룹 간에 유의한 차이는 없었다. 이것은 발목 불안정성을 가진 운동 선수를 대상으로 호프 테스트를 실시한 기능적 평가에서 대부분 유의한 차이가 나타나지 않았던 이전 연구의 결과와 유사하며 [54], 측정 시 보상작용을 제한하지 못한 것이 호프 테스트에서 유의한 차이가 나타나지 않은 요인이라고 여겨진다.

본 연구의 결과는 고유수용성 운동과 인지 과제를 함께 적용하는 것이 발목 불안정성을 가진 성인들의

정적 균형에 긍정적인 효과가 있다는 것을 보여준다. 그러나 본 연구에는 몇 가지 제한점이 있다. 본 연구의 제한점으로 첫 번째, 중재기간이 4주로 짧아 큰 변화를 기대하기엔 어려운 점이 있었다. 두 번째, 본 연구의 대상자들은 모두 발목 불안정성을 가진 대상자들이었으며, 발목 불안정성이 없는 대상자들과 비교하지 못하였다. 세 번째, 대상자마다 운동을 수행하는 적극성에 차이가 있었다. 향후 연구에서는 이러한 제한점들을 고려하여 장기간의 중재를 적용하고, 발목 불안정성을 가지지 않은 사람들과 발목 불안정성을 가진 사람들을 비교할 수 있는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 만성 발목 불안정성을 가진 성인들에게 고유수용성 운동과 인제 과제를 함께 적용하여 정적 균형과 동적 균형, 그리고 발목 기능에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고, 이를 통해 만성 발목 불안정성을 가진 성인들에게 기존의 치료보다 효과적인 운동 프로그램을 제공하기 위하여 실시되었다. 본 연구의 결과를 종합해볼 때, 고유수용성 운동과 인지 과제를 함께 적용하는 것이 발목 불안정성을 가진 성인들의 정적 균형 향상에 도움을 줄 수 있을 것이라 판단된다.

Acknowledgment

이 성과는 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.NRF-2017R1C1B5074052).

References

- [1] 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. *Sports Med.* 2014;44(1):123-40.
- [2] Ferran NA, Maffulli N. Epidemiology of Sprains of the Lateral Ankle Ligament Complex. *Foot and Ankle Clinics.* 2006;11(3):659-62.
- [3] Hubbard TJ, Hertel J. Mechanical contributions to chronic lateral ankle instability. *Sports Med.* 2006;36(3):263-77.
- [4] Wang HK, Cochrane T. Mobility impairment, muscle imbalance, muscle weakness, scapular asymmetry and shoulder injury in elite volleyball athletes. *J Sports Med Phys Fitness.* 2001;41(3):403-10.
- [5] Hertel J. Functional instability following lateral ankle sprain. *Sports Medicine.* 2000;29(5):361-71.
- [6] Nichols DS, Glenn TM, Hutchinson KJ. Changes in the mean center of balance during balance testing in young adults. *Phys Ther.* 1995;75(8):699-706.
- [7] Hrysomallis C. Balance ability and athletic performance. *Sports Med.* 2011;41(3):221-32.
- [8] Goble DJ. Proprioceptive acuity assessment via joint position matching: from basic science to general practice. *Phys Ther.* 2010;90(8):1176-84.
- [9] Han J, Waddington G, Adams R, et al. Assessing proprioception: A critical review of methods. *Journal of Sport and Health Science.* 2016;5(1):80-90.
- [10] Rojjezon U, Clark NC, Treleven J. Proprioception in musculoskeletal rehabilitation. Part 1: Basic science and principles of assessment and clinical interventions. *Man Ther.* 2015;20(3):368-77.
- [11] Speers RA, Kuo AD, Horak FB. Contributions of altered sensation and feedback responses to changes in coordination of postural control due to aging. *Gait Posture.* 2002;16(1):20-30.
- [12] Pincivero DM, Heller BM, Hou SI. The effects of ACL injury on quadriceps and hamstring torque, work and power. *J Sports Sci.* 2002;20(9):689-96.
- [13] Ross SE, Linens SW, Wright CJ et al. Balance assessments for predicting functional ankle instability and stable ankles. *Gait Posture.* 2011;34(4):539-42.
- [14] Lephart SM, Pincivero DM, Rozzi SL. Proprioception of the ankle and knee. *Sports Med.* 1998;25(3):149-55.
- [15] Schiffan GS, Ross LA, Hahne AJ. The effectiveness of proprioceptive training in preventing ankle sprains in

- sporting populations: a systematic review and meta-analysis. *J Sci Med Sport*. 2015;18(3):238-44.
- [16] Eils E, Schroter R, Schroder M, et al. Multistation proprioceptive exercise program prevents ankle injuries in basketball. *Med Sci Sports Exerc*. 2010;42(11):2098-105.
- [17] Cha SH, Kim JS. The Effects of Balance Exercises on Functional Ankle Stability with Ankle Sprained Patients. *The Official Journal of the Korean Academy of Kinesiology*. 2009;11(2):73-83.
- [18] Bae YS, Um KM, Kim NS. The effect of proprioceptive exercise of ankle joint on postural alignment in woman elderly person. *J Kor Phys Ther*. 2009;21(3):53-9.
- [19] Lazarou L, Kofotolis N, Pafis G, et al. Effects of two proprioceptive training programs on ankle range of motion, pain, functional and balance performance in individuals with ankle sprain. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2018;31(3):437-46.
- [20] Huxhold O, Li SC, Schmiedek F, et al. Dual-tasking postural control: aging and the effects of cognitive demand in conjunction with focus of attention. *Brain Res Bull*. 2006;69(3):294-305.
- [21] Silsupadol P, Lugade V, Shumway-Cook A, et al. Training-related changes in dual-task walking performance of elderly persons with balance impairment: a double-blind, randomized controlled trial. *Gait Posture*. 2009;29(4):634-9.
- [22] Rankin JK, Woollacott MH, Shumway-Cook A, et al. Cognitive influence on postural stability: a neuromuscular analysis in young and older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2000;55(3):M112-9.
- [23] Tenenbaum G, Eklund RC. *Handbook of sport psychology*: John Wiley & Sons. 2007.
- [24] Woollacott M, Shumway-Cook A. Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait Posture*. 2002;16(1):1-14.
- [25] Shumway-Cook A, Woollacott M. Attentional demands and postural control: the effect of sensory context. *Journals of Gerontology-Biological Sciences and Medical Sciences*. 2000;55(1):M10.
- [26] Yardley L, Gardner M, Leadbetter A, et al. Effect of articulatory and mental tasks on postural control. *Neuroreport*. 1999;10(2):215-9.
- [27] Melzer I, Benjuya N, Kaplanski J. Age-related changes of postural control: effect of cognitive tasks. *Gerontology*. 2001;47(4):189-94.
- [28] Pellecchia GL. Postural sway increases with attentional demands of concurrent cognitive task. *Gait Posture*. 2003;18(1):29-34.
- [29] Andersson G, Hagman J, Talianzadeh R, et al. Effect of cognitive load on postural control. *Brain Res Bull*. 2002;58(1):135-9.
- [30] Dault MC, Geurts AC, Mulder TW, et al. Postural control and cognitive task performance in healthy participants while balancing on different support-surface configurations. *Gait Posture*. 2001;14(3):248-55.
- [31] Teasdale N, Bard C, LaRue J, et al. On the cognitive penetrability of posture control. *Exp Aging Res*. 1993;19(1):1-13.
- [32] Behm DG, Muehlbauer T, Kibele A, et al. 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):1645-69.
- [33] Moghadam M, Ashayeri H, Salavati M, et al. Reliability of center of pressure measures of postural stability in healthy older adults: effects of postural task difficulty and cognitive load. *Gait Posture*. 2011;33(4):651-5.
- [34] Jacobs JV, Nutt JG, Carlson-Kuhta P, et al. Dual tasking during postural stepping responses increases falls but not freezing in people with Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat Disord*. 2014;20(7):779-81.
- [35] Ju SK, Yoo WG. The Effect of Somatosensory and Cognitive-motor Tasks on the Paretic Leg of Chronic Stroke Patients in the Standing Posture. *J Phys Ther Sci*. 2014;26(12):1869-70.

- [36] Wang XQ, Pi YL, Chen BL, et al. Cognitive motor interference for gait and balance in stroke: a systematic review and meta-analysis. *European journal of neurology*. 2015;22(3):555-63.
- [37] Shiravi Z, Talebian Moghadam S, Hadian MR, et al. Effect of cognitive task on postural control of the patients with chronic ankle instability during single and double leg standing. *J Bodyw Mov Ther*. 2017;21(1):58-62.
- [38] 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):585-91.
- [39] 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):1235-41.
- [40] Mudaliar P, Dharmayat S. Influence of strength and proprioception training on functional ankle stability among young skaters. *Indian Journal of Health Sciences and Biomedical Research (KLEU)*. 2017;10(3):317.
- [41] Lezak MD, Howieson DB, Loring DW, et al. *Neuropsychological assessment: USA*. Oxford University Press. 2004.
- [42] Riley MA, Baker AA, Schmit JM. Inverse relation between postural variability and difficulty of a concurrent short-term memory task. *Brain Res Bull*. 2003;62(3):191-5.
- [43] Clark RA, Bryant AL, Pua Y, et al. Validity and reliability of the Nintendo Wii Balance Board for assessment of standing balance. *Gait Posture*. 2010;31(3):307-10.
- [44] Mazaheri M, Salavati M, Negahban H, et al. Postural sway in low back pain: Effects of dual tasks. *Gait Posture*. 2010;31(1):116-21.
- [45] Park DS, Lee GC. Validity and reliability of balance assessment software using the Nintendo Wii balance board: usability and validation. *J Neuroeng Rehabil*. 2014;11(1):99.
- [46] Plisky PJ, Gorman PP, Butler RJ, et al. The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *North American journal of sports physical therapy. NAJSPT*. 2009;4(2):92.
- [47] Hertel J, Miller SJ, Denegar CR. Intratester and intertester reliability during the Star Excursion Balance Tests. *Journal of sport rehabilitation*. 2000;9(2):104-16.
- [48] Caffrey E, Docherty CL, Schrader J, et al. The ability of 4 single-limb hopping tests to detect functional performance deficits in individuals with functional ankle instability. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*. 2009;39(11):799-806.
- [49] Docherty CL, Arnold BL, Gansneder BM, et al. Functional-performance deficits in volunteers with functional ankle instability. *Journal of athletic training*. 2005;40(1):30.
- [50] Won KH, Lee MG. Effects of adhesive ankle taping on range of motion, proprioception, and functional performance capability in basketball players with functional ankle instability. *Exercise Science*. 2012; 21(1):11-22.
- [51] Fraizer EV, Mitra S. Methodological and interpretive issues in posture-cognition dual-tasking in upright stance. *Gait Posture*. 2008;27(2):271-9.
- [52] Prentice WE. *Arnheim's principles of athletic training: A competency-based approach*: McGraw-Hill New York, NY. 2002.
- [53] Hubbard TJ, Kramer LC, Denegar CR, et al. Correlations among multiple measures of functional and mechanical instability in subjects with chronic ankle instability. *Journal of athletic training*. 2007;42(3):361.
- [54] Chun SY, Choi OJ. The ankle joint position sense, strength and functional ability of the soccer player with functional ankle instability. *The Korean Society of Sports Science*. 2009;18(3):1119-30.