



# 대한물리치료과학회지

Journal of Korean Physical Therapy Science  
2025. 12. Vol. 32, No.4 pp. 29-46

## 고유수용성 훈련의 균형 및 발목 기능 향상 효과: 엉덩이 근육 활성화를 중심으로

최광수<sup>1</sup>, 황보각<sup>2</sup>

<sup>1</sup>대구대학교 재활과학대학원 물리치료학과

<sup>2</sup>대구대학교 재활과학대학원 물리치료학과 교수

## Effects of Proprioceptive Training on Balance and Ankle Function: With Emphasis on Hip Muscle Activation

Gwang-Su Choi<sup>1</sup>, Gak Hwangbo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Rehabilitation Sciences, Graduate School, Daegu University

<sup>2</sup> Department of Physical Therapy, Graduate School of Rehabilitation Science, Daegu University (Professor)

### Abstract

**Background:** Chronic ankle instability (CAI) is often associated with impaired proprioception and altered neuromuscular control. While most rehabilitation approaches focus on the ankle joint, recent studies suggest that proximal joint involvement, particularly hip muscle activation, may play a critical role in postural control. This study aimed to investigate the effects of proprioceptive training emphasizing hip muscle activation on balance and ankle function in adults with CAI.

**Design:** Randomized Controlled Trial.

**Methods:** Thirty-four adults with chronic ankle instability (CAI) (aged 22-47 years) were randomly assigned to either an experimental or control group. Both groups participated in proprioceptive and ankle strengthening exercises three times per week for four weeks. The experimental group trained on a BOSU ball while wearing an ankle brace and performed hip-focused exercises (single-leg bridge, single-leg squat, and side plank). The control group performed general proprioceptive exercises without ankle bracing. Outcome measures included the Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT), the Y Balance Test, static balance assessment using BioRescue, and the Hop Test.

**Results:** The experimental group demonstrated significant improvements in Y Balance Test composite scores and exhibited superior performance in the figure-of-8 hop test compared to the control group. Both groups showed significant within-group improvements in CAIT scores; however, no significant between-group differences were observed. Static balance measures showed no significant changes in either group.

**Conclusion:** Proprioceptive training targeting hip muscle activation, performed on an unstable surface with ankle bracing, was effective in improving balance and ankle function in individuals with chronic ankle instability. These results suggest that a hip-centered neuromuscular strategy may serve as an effective intervention in CAI rehabilitation.

**Key words:** Balance, Chronic ankle instability, Hip muscle activation, Proprioception, Rehabilitation exercise

### 교신저자

황보각

38453 경북 경산시 진량읍 대구대로 201 (내리리, 대구대학교경산캠퍼스)  
T: 053-850-4356 , E: hbgak@daegu.ac.kr

## I. 서론

발목 관절은 보행, 달리기, 방향 전환 등 다양한 기능적 움직임에서 체중을 지지하고 지면 충격을 흡수하는 데 핵심적인 역할을 하지만, 높은 가동성과 낮은 안정성을 동시에 지닌 해부학적 특성으로 인해 반복적인 기계적 스트레스에 취약하며, 스포츠 활동 중 손상이 가장 빈번하게 발생하는 관절 중 하나로 알려져 있다 (Fong 등, 2007; Neumann, 2010). 가쪽 발목 염좌는 전체 발목 염좌의 약 85%를 차지하며, 가쪽 발목 염좌는 종종 불충분하게 치료되어 만성적인 통증, 근력 약화, 그리고 불안정성이 발생할 수 있다 (Ferran과 Maffulli, 2006). 가쪽 발목 염좌(lateral ankle sprain)는 초기 손상 후 많은 대상자에서 반복적인 재손상이 발생한다 (van Rijn 등, 2008). 반복적인 발목 염좌와 손상 후 지속적인 증상의 발생은 만성 발목 불안정성(chronic ankle instability; CAI)으로 정의된다 (Hubbard과 Hertel, 2006). 만성 발목 불안정성(chronic ankle instability; CAI)은 초기 가쪽 발목 염좌(lateral ankle sprain; LAS) 이후 12개월 이상 경과한 상태에서 반복적인 발목 염좌, 발목이 꺾이는 느낌(giving way)의 빈번한 경험, 그리고 통증, 부종, 관절 가동 범위 제한, 근력 약화, 기능 저하 등의 지속적인 증상을 나타내는 것이 특징이다 (Hertel과 Corbett, 2019). 이러한 상태는 감각-운동 결손(sensorimotor deficits)을 초래하며, 그 결과 관절 위치 감각 저하와 고유수용감각 손상 등이 나타날 수 있다 (Hertel, 2000).

고유수용성 감각(proprioception)은 관절, 근육, 피부에 분포한 감각 수용기를 통해 신체의 위치와 움직임 정보를 중추신경계에 전달하는 감각 체계로, 자세 조절과 균형 조절(balance control)에 핵심적인 역할을 한다 (Han 등, 2015; Lephart 등, 1997). 발목 염좌 이후에는 관절 내 고유수용성 감각 수용기의 손상으로 인해 자세 감지 및 신경근 피드백 기능이 저하되기 쉬우며, 이로 인해 신경근 조절 능력이 감소하고 적절한 균형 반응이 어려워져 손상이 반복되는 악순환으로 이어질 수 있다 (Hertel, 2002; Ribeiro과 Oliveira, 2011). 이러한 고유수용성 감각의 저하는 만성 발목 불안정성을 가진 대상자에서 균형 및 기능적 수행 등에 부정적인 영향을 미칠 가능성이 크다. 그리하여 최근에는 만성 발목 불안정성 대상자에 대한 고유수용성 감각과 신경근 조절 기능을 향상시키기 위한 다양한 운동 프로그램과 그 중재 효과를 검증하는 연구들이 활발히 진행되고 있으며, 이러한 연구들은 균형 능력과 기능적 수행 능력의 개선, 재손상 예방 등 임상적으로 중요한 목표 달성을 위한 과학적 근거를 제공하고 있다 (Eils과 Rosenbaum, 2001; Lazarou 등, 2018; Schifftan 등, 2015).

최근에는 발목 관절만을 대상으로 한 국소적 접근을 넘어, 엉덩관절 근육 기능이 발목 불안정성과 밀접하게 연관되어 있다는 연구들이 증가하고 있다 (Beckman과 Buchanan, 1995; Yeum 등, 2024). 특히 중간볼기근(gluteus medius)과 큰볼기근(gluteus maximus)은 하지 정렬 및 체중 지지를 담당하며, 골반의 안정성 유지에 핵심적인 역할을 수행한다 (Earl, 2005; Semciw 등, 2013; Wilson 등, 2005). 그러나 만성 발목 불안정성을 가진 대상자들은 큰볼기근과 중간볼기근 등 엉덩관절 근육의 활성도가 낮은 경향을 보이며, 이로 인해 엉덩관절의 근력과 협응력이 저하되어 균형 조절 능력과 하지 기능이 전반적으로 감소할 수 있다고 보고되고 있다 (DeJong 등, 2020; Friel 등, 2006; Webster과 Gribble, 2013). 이러한 특성은 본 연구에서 사용된 균형 평가 및 기능적 수행 검사 결과에 부정적인 영향을 미칠 가능성이 있다.

엉덩이 근육 강화를 위한 대표적인 운동으로는 단일다리 브릿지(single-leg bridge), 단일다리 스쿼트(single-leg squat), 사이드 플랭크(side plank) 등이 있으며, 이러한 운동들은 중둔근(gluteus medius)과 대둔근(gluteus maximus)의 근전도 활성도를 효과적으로 증가시키는 것으로 보고되어 있다 (Distefano 등, 2009; Ekstrom 등, 2007). 이러한 운동은 엉덩관절의 안정화뿐만 아니라 균형 및 협응 능력 향상에도 기여한다. 특히, BOSU와 같은 불안정한 지지면에서 이러한 운동을 수행할 경우, 고유수용감각과 신경근 피드백이 더욱 활성화되어 발목의 안정성 회복과 감각

운동 통합 능력 향상에 효과적인 증재 전략이 될 수 있다. 실제로 Behm 등(2015)은 불안정 지지면에서의 근력 훈련이 다양한 연령대에서 균형 능력과 신경근 기능을 향상시키는 데 효과적이라는 점을 체계적 문헌 고찰을 통해 보고하였다. 불안정한 지지면에서 수행하는 저항 운동은 하지 근육의 활성화와 균형 능력 향상에 기여할 수 있으며, 이는 물리치료 및 스포츠 재활 분야에서 효과적인 증재 전략으로 활용될 수 있다 (Anderson과 Behm, 2005; Behm과 Colado, 2012).

이러한 목적에 효과적으로 활용되는 도구 중 하나인 BOSU 볼은 반구형의 불안정한 구조로 설계되어, 체간과 엉덩관절 근육의 협응적 활성화를 유도하며 균형 유지 전략을 훈련시키는 데 유리하다. 실제로 Kalra 등(2021)은 만성 발목 불안정성을 가진 러너를 대상으로 BOSU 볼을 포함한 균형 및 근력 훈련을 6주간 적용한 결과, 하지 근력, 동적 균형, 민첩성, 기능적 수행 능력 전반에서 유의한 향상이 나타났다고 보고하였다. 또한, 발목의 움직임을 제한하는 발목 고정기(ankle brace)를 병행하면 발목 기능의 사용을 최소화하고, 그 대신 엉덩관절 근육의 사용을 더욱 적극적으로 유도하여 엉덩이 근육 활성화를 촉진할 수 있는 것으로 알려져 있다. Theodorakos 등(2016)은 발목 보조기 착용 조건에서 착지 시 발목의 저측굴곡 움직임이 제한되어, 엉덩관절의 굴곡 자세가 증가하며, 이는 발목 움직임 제한이 엉덩관절 중심의 보상 전략을 유도하는 하나의 기전임을 시사한다.

균형(balance)은 중력 환경에서 신체의 무게중심(center of mass)을 기저면(base of support) 내에 유지하여 자세의 안정성과 방향성을 조절할 수 있는 능력을 의미한다 (Horak, 1987). 정적 균형은 고정된 자세를 유지하면서 기저면(base of support) 내에서 신체 중심(center of mass)을 안정적으로 유지하는 능력을 의미하고, 동적 균형은 신체를 움직이거나 지지면이 움직이는 상황에서 균형과 자세를 유지하는 능력을 의미한다 (Hrysomallis, 2011). 만성 발목 불안정성 대상자의 균형 기능을 정확하게 평가하기 위해서는 정적 및 동적 균형 지표를 함께 고려한 다각도의 평가가 필수적이다.

따라서 본 연구의 목적은 BOSU 볼과 발목 고정기를 활용하여 엉덩이 근육의 활성화를 유도하는 고유수용감각 기반 훈련이 만성 발목 불안정성(chronic ankle instability) 대상자의 균형 능력과 발목 기능에 미치는 영향을 분석하는 것이다.

## II. 연구방법

### 1. 연구 대상자

본 연구는 경북 지역의 한 재활전문병원에 근무 중인 직원 중 만성 발목 불안정성(Chronic Ankle Instability, CAI)을 가진 만 22세 이상 만 47세 이하의 성인 34명을 대상으로 시행되었다. 모든 참여자는 연구의 목적과 절차에 대한 충분한 설명을 들은 후, 자발적으로 서면 동의서를 작성하고 연구에 참여하였다.

대상자 선별은 신뢰도와 타당도가 검증된 Cumberland Ankle Instability Tool(CAIT)을 이용하여 24점 이하인 자를 1차로 선별한 후, 본 연구에서 개발한 구조화된 임상 면담지를 활용하여 발목 손상 병력, 주관적 불안정성, 기능 제한 여부 등을 종합적으로 평가하였다. 이러한 이중 선별 절차(CAIT + 임상 면담)를 통해 연구의 내적 타당성을 확보하였으며, 모든 대상자가 동일한 병원 근무 환경에 속해 있어 외부 요인의 영향을 최소화하였다.

대상자 선정 기준은 다음과 같다. 1) CAIT 점수가 24점 이하인 자 (Gribble 등, 2013), 2) 최소 1회 이상의 가쪽 발목 염좌(lateral ankle sprain) 병력이 있는 자, 3) 과거 1일 이상 발목 통증으로 인해 신체 활동에 제한을 경험한 이력이 있는 자, 4) 최근 6개월 이내 발목 불안정성을 두 차례 이상 경험한 자, 5) 발목 재손상이 반복적으로 발생한 자로 정의하였다.

제외 기준은 다음과 같다. 1) 하지 수술 병력이 있는 자, 2) 의학적으로 진단된 균형 장애(balance disorder)가 있는 자, 3) 최근 1개월 이내 균형 능력에 영향을 미칠 수 있는 운동이나 치료를 받은 자, 4) 감각 저하 또는 근력 저하를 유발하는 신경학적 이상이 있는 자는 연구 대상에서 제외하였다.

연구에 필요한 최소 표본 수는 G\*Power 3.1.9.7(Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Germany)을 활용하여 산출하였다. 효과 크기(effect size) 0.5, 유의수준( $\alpha$ ) 0.05, 검정력(power) 0.80을 기준으로 분석한 결과, 총 34명의 대상자가 필요한 것으로 제시되어 이에 따라 34명을 모집하고 연구를 수행하였다.

본 연구는 대구대학교 기관생명윤리위원회(Institutional Review Board)의 승인을 받아 실시되었다(IRB 승인번호: 1040621-202501-HR-007).

## 2. 연구 절차

본 연구는 만성 발목 불안정성을 가진 성인 34명을 대상으로 한 무작위 대조군 전후 비교 실험연구(Randomized controlled pretest-posttest design)로 진행되었다. 참여자는 경북 지역의 한 재활전문병원에서 모집되었으며, 무작위 배정을 통해 실험군과 대조군에 각각 17명씩 배정하였다. 모든 참여자는 중재 전 사전 평가를 실시한 후, 주 3회씩 총 4주간(총 12회)의 중재 프로그램을 수행하였다. 실험군은 발목 고정기를 착용한 상태에서 엉덩이 근육 활성화를 유도하는 고유수용성 감각 자극 운동을 수행하였고, 대조군은 발목 고정기 없이 일반적인 고유수용성 감각 자극 운동을 실시하였다. 또한, 두 군 모두 공통적으로 추가적인 발목 근력 운동을 병행하였다. 중재 후에는 사후 평가를 통해 균형 능력과 발목 기능을 비교·분석하였다.

## 3. 중재 방법

본 연구의 중재 프로그램은 만성 발목 불안정성(Chronic Ankle Instability, CAI)을 가진 성인을 대상으로 고유수용성 감각 자극과 근력 강화를 통해 발목과 엉덩이 근육 기능을 향상시키는 것을 목표로 설계되었다. 참여자들은 무작위로 실험군과 대조군에 배정되었으며, 두 군 모두 주 3회, 4주간 총 12회의 운동 세션(회당 약 50분)에 참여하였다.

### 1) 실험군 중재

실험군은 발목의 움직임을 제한하기 위해 ASO 고정기(MedSpec®, USA)를 착용한 상태에서, 엉덩이 근육 활성화를 유도하는 고유수용성 감각 중심의 운동을 수행하였다. 운동은 BOSU 볼(BOSU® Balance Trainer, USA) 위에서 이루어졌으며, 사이드 플랭크(Figure 1), 싱글 레그 브릿지(Figure 2), 싱글 레그 스퀴트(Figure 3)로 구성되었다(Distefano 등, 2009; Ekstrom 등, 2007). 각 운동은 3세트씩 실시되었으며, 세트당 10~15회 반복하거나 15~30초간 자세를 유지하도록 하였다.

운동 강도는 대상자의 컨디션과 수행 능력에 따라 점진적으로 조절되었다. 초기 세션에서는 낮은 강도로 시작하였고, 이후 반복 횟수 및 자세 유지 시간이 점차 증가하였다. 또한 BOSU 볼의 공기압은 균형 능력에 따라 1단계(높은 공기압), 2단계(중간 공기압), 3단계(낮은 공기압)로 설정되었으며, 대상자의 운동 수행 정도에 따라 공기압 수준을 상향 또는 하향 조정하였다.

2) 대조군 증재

대조군은 발목 고정기 착용 없이 고유수용성 감각 훈련을 수행하였다. 훈련은 맨땅 위에서의 싱글 레그 스탠딩, BOSU 볼 위에서 눈을 뜬 상태의 싱글 레그 스탠딩, BOSU 볼 위에서 눈을 감은 상태의 싱글 레그 스탠딩으로 구성되었다 (Anguish과 Sandrey, 2018). 각 훈련은 3세트씩, 세트당 15~30초간 자세 유지로 실시되었으며, 난이도는 BOSU 볼의 공기압 조절과 시각 차단(눈 감기)을 통해 단계적으로 조절하였다.

3) 공통 증재: 발목 근력 강화

두 군 모두에게 발목 근력 강화를 위한 보조 운동이 병행되었다. 해당 운동은 발등 굽힘(dorsiflexion), 발바닥 굽힘(plantarflexion), 안쪽 번짐(inversion), 바깥쪽 번짐(eversion), 발가락 굴곡(toe curls), 발뒤꿈치 들기(heel raises) 등 총 6가지 방향으로 구성되었고, 세라밴드(TheraBand®, USA)를 활용하거나 체중 부하를 이용하여 수행되었으며, 각 방향마다 3세트씩, 세트당 10~15회 반복하였다 (Smith 등, 2012; 서일홍과 황병준, 2024). 운동 강도는 대상자의 피로도와 수행 능력에 따라 탄력적으로 조절하였다.

4) 증재 진행 및 안전 관리

모든 운동은 전문 물리치료사의 지도하에 실시되었으며, 세트 수, 반복 횟수, 운동 강도는 대상자의 상태와 수행 능력에 따라 탄력적으로 조절되었다. 세트 간에는 1~2분의 휴식이 제공되었으며, 운동 중 통증이나 불편감이 발생한 경우 즉시 중단하고 적절한 조치를 취하였다.

운동 시작 전에는 대상자의 과거 발목 손상 이력과 현재 신체 상태를 점검하여 안전성을 확보하였으며, 각 세션 시작 전에는 해당 운동의 목표와 절차를 안내하여 심리적 준비를 도왔다. BOSU 볼 사용 시에는 공기압과 표면 상태를 사전 점검하고, 기본자세 및 균형 유지 방법에 대한 교육을 진행하였다. 운동 중에는 연구자가 근거리에서 대기하여 낙상 위험에 즉시 대응할 수 있도록 하였으며, 필요 시 붕을 이용하여 균형을 유지하도록 유도하였다. 통증, 현기증 등 이상 증상이 발생한 경우 즉시 운동을 중단하고 물리치료사의 평가에 따라 후속 조치를 시행하였다.

연구기간 동안 사고나 부상 사례는 발생하지 않았으며, 모든 증재는 안전하게 진행되었다. 각 군의 세부 증재 구성은 <Table 1>에 제시하였다.

Table 1. Composition of Intervention Programs for the Experimental and Control Groups

	Experimental Group	Control Group
Ankle brace use	Worn (ASO Brace)	Not worn(ASO Brace)
Proprioceptive training environment	Exercises on BOSU	Exercises on firm ground and BOSU
Proprioceptive training items	- Single-leg bridge - Single-leg squat - Side plank	- Single-leg standing on firm ground - Single-leg standing on BOSU (eyes open) - Single-leg standing on BOSU (eyes closed)
Difficulty adjustment	BOSU air pressure adjustment	BOSU air pressure adjustment + visual blocking (eyes closed)

Ankle strengthening exercises	- Plantarflexion (TheraBand) - Dorsiflexion (TheraBand) - Inversion (TheraBand) - Eversion (TheraBand) - Toe curl (body weight) - Heel raise (body weight)	- Plantarflexion (TheraBand) - Dorsiflexion (TheraBand) - Inversion (TheraBand) - Eversion (TheraBand) - Toe curl (body weight) - Heel raise (body weight)
Frequency and duration	3 times per week, for 4 weeks (12 sessions)	3 times per week, for 4 weeks (12 sessions)
Sets / Repetitions / Hold time	3 sets 10-15 repetitions or 15-30 seconds hold	3 sets 10-15 repetitions or 15-30 seconds hold

실험군이 수행한 고유수용성 및 엉덩이 강화 운동의 예시는 Figure 1-3에 나타나 있다.



Figure 1. Side plank exercise performed by the experimental group (with ankle brace and BOSU ball)



Figure 2. Single-leg bridge exercise performed by the experimental group (with ankle brace and BOSU ball)



Figure 3. Single-leg squat exercise performed by the experimental group (with ankle brace and BOSU ball)

#### 4. 측정 도구

본 연구에서는 만성 발목 불안정성 대상자의 균형 능력 및 발목 기능 변화를 평가하기 위해 다음과 같은 측정 도구를 사용하였다.

##### 1) Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT)

본 연구에서는 만성 발목 불안정성의 정도를 평가하기 위해 Cumberland Ankle Instability Tool(CAIT)을 사용하

였다. 이 도구는 총 9문항으로 구성된 자기 보고식 설문지로, 점수가 낮을수록 발목 불안정성이 심한 것을 의미한다. 총점은 30점 만점이며, 28점 이상은 정상 범주, 24점 이하는 만성 발목 불안정성으로 간주 된다. 본 연구에서는 CAIT 점수 24점 이하를 대상자 선정 기준으로 적용하였다 (Donahue 등, 2011). CAIT는 건강한 집단과 만성 발목 불안정성 집단을 유의하게 구분할 수 있는 구분 타당도를 지닌 도구로 확인되었으며, 여러 기능적 발목 불안정성 평가 도구 중에서도 우수한 구분 타당도를 보이는 것으로 보고되었다 (Donahue 등, 2011; Gribble 등, 2013; Hiller 등, 2006). 또한, 높은 신뢰도(ICC = 0.96)를 바탕으로 발목 불안정성 평가에 적합한 도구로 간주 된다 (Hiller 등, 2006).

## 2) Biorescue (RM Ingenierie, France)

정적 균형 능력 평가는 BioRescue 시스템(RM Ingénierie, France)을 사용하여 수행하였다. 본 장비는 1,600개의 압력 센서를 기반으로 압력 중심(Center of Pressure, CoP)의 이동을 분석하며, 측정 지표로는 CoP의 이동 거리(path length), 평균 속도(mean velocity), 표면적(surface area)를 사용하였다 (Quijoux 등, 2021).

해당 장비의 신뢰도는 34명의 건강한 성인을 대상으로 한 연구에서 검증되었으며, 발 지표의 면적 및 한계 안정성 검사에서 측정자내 및 측정자간 신뢰도가 모두 ICC  $\geq$  0.60으로 양호한 수준(good reliability)을 나타냈고, Romberg 검사 및 발 지표 압력 항목에서는 ICC  $<$  0.60으로 낮은 신뢰도를 보였다 (Kim과 Choi, 2018).

정적 균형 평가는 (1) 눈을 뜨고 두 발로 지지한 자세, (2) 눈을 감고 환측 한 발로 지지한 자세의 두 가지 조건에서 실시하였다 (Lo 등, 2022; 채지수 등, 2020). 시각 개방 조건에서는 피험자가 자연스럽게 선 자세에서 약 3m 전방을 응시하도록 지시하였으며, 두 발 지지 자세는 30초간, 한 발 지지 자세는 10초간 유지하도록 하여 데이터를 수집하였다. 환측 다리로의 단일 지지 시에는 양팔을 30° 벌린 상태를 유지하였고, 지지하지 않는 건측 다리는 무릎을 약 30° 굽힌 상태로 유지하도록 하였다 (채지수 등, 2020).

## 3) Y Balance Test

동적 균형 능력을 평가하기 위해 Y Balance Test(YBT)를 사용하였다. YBT는 Star Excursion Balance Test(SEBT)를 간소화·표준화한 형태로, 하지의 동적 안정성, 협응성, 고유수용감각 기능을 종합적으로 평가할 수 있는 도구이다 (Hertel 등, 2006; Plisky 등, 2006; Plisky 등, 2009). 대상자는 YBT 장비의 중앙에 한 발로 서서, 반대쪽 다리를 앞쪽(anterior), 뒤안쪽(posteromedial), 뒤바깥쪽(posterolateral) 방향으로 가능한 멀리 뻗어 도달 거리를 측정하였다. 측정 전, 각 방향으로 6회의 연습을 진행한 후 본 측정을 실시하였으며, 측정 중 외발 자세를 유지하지 못하고 자세가 무너지거나, 균형을 잡기 위해 뻗은 발로 바닥을 지탱한 경우나, 도달 후 제자리로 돌아오지 못한 경우에는 실패로 간주하고 재측정하였다 (Plisky 등, 2009).

측정은 각 방향 중 최대 도달 거리를 사용하여 공식( $YBT(\%) = [(AN + PM + PL)/(LL \times 3)] \times 100$ )에 따라 지지 다리 길이에 대한 표준화 점수를 산출하였다 (Plisky 등, 2009). Y Balance Test(YBT)는 앞쪽, 뒤안쪽, 뒤바깥쪽 방향의 정규화된 도달 거리에서 평가자 내 신뢰도(ICC = 0.85-0.91)와 평가자 간 신뢰도(ICC = 0.99-1.00)가 모두 높은 수준으로 보고되어, 측정의 일관성과 재현성이 입증된 평가 도구이다 (Plisky 등, 2009; Shaffer 등, 2013).

## 4) Hop Tests

발목의 기능적 안정성과 하지 근력, 협응성을 평가하기 위해 Side Hop test, Square Hop Test, Figure-8 Hop test을 사용하였다. 각 테스트는 지정된 동작을 수행한 후 소요 시간을 초 단위로 측정하여 기능적 점프 수행 능력, 고유수용성 감각, 하지 근력 및 협응성을 종합적으로 평가한다.

(1) Side Hop test는 한발로 30cm 간격을 뛰었다가 다시 제자리로 돌아오는 것을 1회로 하여 10회 왕복하는 시간을 0.01초 단위로 측정하였고, 참가자가 점프 중 넘어지거나, 반대쪽 발을 디디거나, 30cm 거리를 완전히 넘지 못했을 경우 다시 수행하게 하였다 (Caffrey 등, 2009). Side Hop Test는 기능성 발목 불안정성(FAI)을 가진 집단에서 수행 시간이 유의하게 느린 것으로 보고되어, 구분 타당도 측면에서 유용한 지표로 활용되며(Docherty 등, 2005), 높은 신뢰도 (ICC=0.84)를 보이는 평가 도구이다 (Caffrey 등, 2009).

(2) Square Hop Test는 바닥에 40×40cm 크기의 사각형을 테이프로 표시한 후, 피험자가 한 발로 사각형의 안팎을 빠르게 5회 반복하여 이동하는 방식으로 수행된다. 소요 시간은 0.01초 단위로 측정하였다. 오른쪽 다리는 시계 방향, 왼쪽 다리는 반시계 방향으로 실시하며, 각 방향에서 정확히 외곽선을 넘지 못하거나 규정된 순서를 지키지 못한 경우 재측정하였다 (Caffrey 등, 2009). Square Hop Test는 기능적 발목 불안정성(FAI)을 가진 대상자의 병변 측과 비-병변 측 간에 수행 시간에서 유의한 차이를 보였으며, 이로 인해 발목 불안정성 유무를 구분할 수 있는 타당성이 일부 입증되었으며(Sharma 등, 2011), 높은 신뢰도(ICC=0.90)를 보이는 평가 도구이다 (Caffrey 등, 2009).

(3) Figure-8 Hop test는 5m 간격으로 배치된 두 개의 콘을 '8자' 형태로 돌아 다시 출발점으로 돌아오는 데 걸린 시간을 0.01초 단위로 측정하였고, 실험 중 반대쪽 발을 지면에 디뎠거나, 넘어졌거나, 정해진 코스를 제대로 완료하지 못한 경우에는 다시 수행하도록 하였다 (Caffrey 등, 2009). Figure-8 Hop Test는 기능성 발목 불안정성(FAI)을 가진 집단에서 유의하게 느린 수행 시간을 보여, FAI 유무를 구분할 수 있는 타당도가 입증된 도구이며(Docherty 등, 2005), 매우 높은 신뢰도(ICC=0.95)를 보이는 평가 도구이다 (Caffrey 등, 2009).

## 5. 통계 분석

자료 분석은 SPSS Statistics 27.0 소프트웨어(IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 사용하여 수행하였다. 모든 변수에 대해 Shapiro-Wilk 검정을 통해 정규성을 확인하였으며, 정규성을 충족한 변수에 한하여 통계 분석을 진행하였다. 각 그룹 내 중재 전후 차이는 대응표본 *t*-검정(paired *t*-test)을 통해 분석하였고, 그룹 간 차이는 독립표본 *t*-검정(independent *t*-test)을 사용하여 비교하였다. 모든 통계 분석의 유의수준은  $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

## Ⅲ. 연구결과

### 1. 연구대상자의 일반적인 특성

본 연구에는 총 34명의 참가자가 포함되었으며, 실험군과 대조군에 각각 17명이 배정되었다. 실험군은 남자 9명, 여자 8명으로 구성되었고, 대조군은 남자 7명, 여자 10명으로 구성되었다. 실험군의 평균 나이는  $26.53 \pm 3.71$ 세, 대조군은  $28.18 \pm 7.36$ 세였으며, 평균 신장은 각각  $168.53 \pm 7.89$ cm,  $168.29 \pm 7.08$ cm, 평균 체중은  $67.29 \pm 14.07$ kg,  $67.00 \pm 15.09$ kg으로 나타났다. 환측은 실험군에서 좌측이 10명, 우측이 7명, 대조군에서 좌측이 8명, 우측이 9명이었다. Table 2에 제시된 바와 같이, 두 집단의 일반적 특성에 대한 동질성 검정 결과 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았으며, 집단 간 동질성이 확보되었음을 확인하였다. <Table 2>는 연구 참여자의 일반적인 특성으로 성별 분포, 연령, 신장, 체중, 그리고 발목 불안정성의 발생 측(좌측 또는 우측)을 포함하고 있다.

Table 2. General Characteristics of the Participants

Characteristic	Experimental Group	Control Group	<i>t</i> -value	<i>p</i> -value
Number of participants (M/F)	9 / 8	7 / 10		
Age (years)	26.53 ± 3.71	28.18 ± 7.36	-0.82	0.418
Height (cm)	168.53 ± 7.89	168.29 ± 7.08	0.09	0.928
Body weight (kg)	67.29 ± 14.07	67.0 ± 15.09	0.06	0.953
Affected side (Lt / Rt)	10 / 7	8 / 9		

Values are presented as mean ± standard deviation or number of participants.

Lt: Left; Rt: Right.

M: male; F: female

## 2. CAIT

중재 전 CAIT 점수는 실험군 16.94±2.88, 대조군 17.41±4.61로, 두 집단 간에 유의한 차이는 없었으며( $p=.724$ ), 이는 동질성이 확보되었음을 시사한다. 중재 후 실험군과 대조군의 점수는 각각 19.76±3.68, 20.41±5.14로 나타났으나, 사후 점수 간의 군 간 비교에서도 통계적으로 유의한 차이는 관찰되지 않았다( $p=.676$ ). 한편, 군 내 비교에서는 실험군에서 중재 전후 점수가 유의하게 증가하였으며( $t=-6.43$ ,  $p<.001$ ), 대조군 또한 유의한 향상을 보였다( $t=-3.46$ ,  $p=.003$ ). 이는 두 집단 모두 고유수용성 기반 운동 중재가 발목 기능 향상에 긍정적인 영향을 미쳤음을 나타낸다. <Table 3>은 두 집단의 CAIT 점수 변화에 대한 통계 분석 결과를 제시한다.

Table 3. Comparison of CAIT Scores Between Experimental and Control Groups

Group	Pre (Mean ± SD)	Post (Mean ± SD)	Paired <i>t</i> -test ( <i>t</i> )	Paired <i>t</i> -test ( <i>p</i> )	Independent <i>t</i> -test ( <i>t</i> )	Independent <i>t</i> -test ( <i>p</i> )
Experimental	16.94±2.88	19.76±3.68	-6.43	< 0.001	-0.36	0.724
Control	17.41±4.61	20.41±5.14	-3.46	0.003	-0.42	0.676

Values are presented as mean ± standard deviation..

## 3. 정적 균형 평가

눈 뜬 상태에서의 정적 균형 변수는 실험군과 대조군 모두에서 유의한 군내 변화가 나타나지 않았다. 실험군은 압력 중심 면적(CoP area,  $p = .544$ ), 이동 거리(path length,  $p = .897$ ), 속도(velocity,  $p = .858$ )에서 모두 유의한 차이를 보이지 않았다. 대조군 또한 CoP 면적( $p = .751$ ), path length( $p = .198$ ), velocity( $p = 1.000$ )에서 통계적으로 유의한 변화가 없었다. 중재 후 두 집단 간 비교에서도 CoP 면적( $p = .624$ ), path length( $p = .594$ ), velocity( $p = .394$ )에서 유의한 차이는 나타나지 않았다. <Table 4>는 두 발을 지지하고 눈을 뜬 상태에서 측정된 정적 균형 지표(면적, 이동 거리, 속도)의 중재 전후 변화량을 실험군과 대조군 간에 비교하여 제시하고 있다.

Table 4. Comparison of Static Balance Variables with Eyes Open

Variable	Experimental Group Pre (M±SD)	Experimental Group Post (M±SD)	Paired <i>p</i> (Exp)	Control Group Pre (M±SD)	Control Group Post (M±SD)	Paired <i>p</i> (Ctrl)	Between-group <i>p</i> (Post-test)
Area ( <i>mm</i> <sup>2</sup> )	161.94 ± 142.22	216.59 ± 351.39	0.544	198.59 ± 303.70	172.71 ± 102.31	0.751	0.624
path length ( <i>cm</i> )	19.51 ± 6.52	19.76 ± 6.40	0.897	22.36 ± 9.65	18.74 ± 4.49	0.198	0.594
velocity ( <i>cm/s</i> )	0.65 ± 0.22	0.66 ± 0.22	0.858	0.74 ± 0.33	0.74 ± 0.26	1.000	0.394

Values are presented as mean ± standard deviation.

Variables represent CoP area (*mm*<sup>2</sup>), path length (*cm*), and velocity (*cm/s*).

눈 감은 상태에서의 정적 균형 변수는 실험군과 대조군 모두에서 유의한 군내 변화가 나타나지 않았다. 실험군은 압력 중심 면적(CoP area, *p* = .287), 이동 거리(path length, *p* = .174), 속도(velocity, *p* = .191)에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 대조군 또한 CoP 면적(*p* = .723), path length(*p* = .726), velocity(*p* = .559)에서 유의한 변화가 없었다. 중재 후 두 집단 간 비교에서도 CoP 면적(*p* = .772), path length(*p* = .601), velocity(*p* = .606) 모두 유의한 차이를 보이지 않았다. <Table 5>는 한 발을 지지하고 눈을 감은 상태에서 측정된 정적 균형 지표(면적, 이동 거리, 속도)의 중재 전후 변화를 실험군과 대조군 간에 비교하여 제시하고 있다.

Table 5. Comparison of Static Balance Variables with Eyes Closed

Variable	Experimental Group Pre (M±SD)	Experimental Group Post (M±SD)	Paired <i>p</i> (Exp)	Control Group Pre (M±SD)	Control Group Post (M±SD)	Paired <i>p</i> (Ctrl)	Between-group <i>p</i> (Post-test)
Area ( <i>mm</i> <sup>2</sup> )	1115.06 ± 905.13	834.76 ± 520.07	0.287	994.47 ± 1072.75	905.00 ± 840.96	0.723	0.772
path length ( <i>cm</i> )	37.06 ± 10.55	31.03 ± 10.82	0.174	30.21 ± 15.31	29.00 ± 11.58	0.726	0.601
velocity ( <i>cm/s</i> )	3.59 ± 1.03	3.02 ± 1.05	0.191	3.04 ± 1.52	2.83 ± 1.12	0.559	0.606

Values are presented as mean ± standard deviation.

Variables represent CoP area (*mm*<sup>2</sup>), path length (*cm*), and velocity (*cm/s*).

#### 4. 동적 균형 평가

Y-Balance Test의 컴포짓 점수는 실험군과 대조군 모두에서 중재 이후 유의하게 향상되었다. 실험군은 중재 전 74.8±2.8%에서 중재 후 77.7±2.7%로 증가하여 통계적으로 유의한 향상을 보였으며(*t* = -10.76, *p* < .001), 대조군 또한 중재 전 74.1±2.6%에서 중재 후 75.4±2.6%로 유의하게 증가하였다(*t* = -13.88, *p* < .001). 다만, 향상 폭은 실험군이 대조군보다 더 컸다. 집단 간 비교에서는 중재 전 두 집단 간 유의한 차이가 없었으나(*t* = 0.77, *p* = .445),

중재 후에는 실험군이 대조군보다 유의하게 높은 킴포짓 점수를 나타냈다( $t = 2.50, p = .018$ ). 이러한 결과는 엉덩이 근육 활성화를 유도하는 고유수용성 감각 훈련이 만성 발목 불안정성 대상자의 동적 균형 능력 향상에 효과적임을 시사한다. <Table 6>은 Y-Balance Test의 킴포짓 점수에 대한 사전·사후 변화 및 집단 간 비교 결과를 제시한다.

Table 6. Comparison of Y-Balance Test Composite Scores (% of Leg Length)

Group	Pre	Post	Paired <i>t</i> -test ( <i>t</i> , <i>p</i> )	Between Groups	
	(%M±SD)	(%M±SD)		(Pre) <i>t</i> , <i>p</i>	(Post) <i>t</i> , <i>p</i>
Experimental	74.8 ± 2.8	77.7 ± 2.7	-10.76, < 0.001	0.77, 0.445	2.50, 0.018
Control	74.1 ± 2.6	75.4 ± 2.6	-13.88, < 0.001		

Values are presented as mean ± standard deviation.

### 5. 발목 기능

4주간의 중재 후, 실험군과 대조군 모두에서 Side Hop Test, Square Hop Test, Figure-of-8 Hop Test 수행 시간이 유의하게 감소하였다( $p < .05$ ). 실험군은 Side Hop Test에서  $16.56 \pm 2.13$ 초에서  $15.37 \pm 2.07$ 초로 유의한 감소를 보였고( $p < .001$ ), Square Hop Test는  $18.06 \pm 1.70$ 초에서  $16.93 \pm 2.17$ 초로 개선되었다( $p < .001$ ). Figure-of-8 Hop Test는  $9.54 \pm 0.94$ 초에서  $8.29 \pm 1.01$ 초로 유의한 향상을 나타냈다( $p < .001$ ). 대조군 또한 각 항목에서 유의한 변화를 보였으며, Side Hop Test는  $16.06 \pm 2.11$ 초에서  $15.64 \pm 2.24$ 초로( $p = .010$ ), Square Hop Test는  $17.89 \pm 2.01$ 초에서  $17.48 \pm 2.32$ 초로( $p = .022$ ), Figure-of-8 Hop Test는  $9.62 \pm 1.31$ 초에서  $9.03 \pm 0.95$ 초로 유의하게 감소하였다( $p = .002$ ). 군 간 비교 결과, Side Hop Test( $p = .715$ )와 Square Hop Test( $p = .481$ )에서는 유의한 차이가 없었으나, Figure-of-8 Hop Test에서는 실험군이 대조군보다 유의하게 더 큰 향상을 보였다( $p = .035$ ). 특히 Figure-of-8 Hop Test는 공간 인식, 방향 전환, 협응력 등이 요구되는 과제로, 실험군의 수행 시간은 평균 1.25초 단축되어 임상적으로도 의미 있는 개선으로 해석될 수 있다. <Table 7>은 발목 기능 평가를 위한 Hop Test의 사전·사후 변화 및 집단 간 비교 결과를 제시한다.

Table 7. Changes in Hop Test Results Before and After the Intervention (Unit: seconds)

Variable	Experimental Group (Mean ± SD)	Control Group (Mean ± SD)	Paired <i>t</i> -test (Exp)	Paired <i>t</i> -test (Ctrl)	Independent <i>t</i> -test (Post)
Side Hop Test	Pre: 16.56 ± 2.13 Post: 15.37 ± 2.07	Pre: 16.06 ± 2.11 Post: 15.64 ± 2.24	$p < 0.001$	$p = 0.010$	$p = 0.715$
Square Hop Test	Pre: 18.06 ± 1.70 Post: 16.93 ± 2.17	Pre: 17.89 ± 2.01 Post: 17.48 ± 2.32	$p < 0.001$	$p = 0.022$	$p = 0.481$
Figure-of-8 Hop Test	Pre: 9.54 ± 0.94 Post: 8.29 ± 1.01	Pre: 9.62 ± 1.31 Post: 9.03 ± 0.95	$p < 0.001$	$p = 0.002$	$p = 0.035$

Values are presented as mean ± standard deviation.

## IV. 고찰

본 연구는 고유수용감각 자극을 주된 목표로 설정하고, 엉덩이 근육의 활성화를 동반하는 훈련이 만성 발목 불안정성(chronic ankle instability, CAI) 대상자의 균형 능력 및 기능적 수행에 미치는 영향을 분석하였다. 실험군은 발목의 움직임을 제한한 상태에서 BOSU를 활용한 불안정 지지면 위에서 엉덩관절 중심의 훈련을 수행하였고, 그 결과 Y Balance Test 전 방향, Figure-8 Hop Test에서 대조군에 비해 유의한 향상이 나타났다. 이러한 결과는 발목의 기능 회복이 엉덩관절 중심 전략을 통해 간접적으로 유도될 수 있음을 시사하며, 고유수용감각 기반 엉덩관절 중심 접근이 만성 발목 불안정성 재활에 효과적인 중재 전략이 될 수 있다는 실증적 근거로 해석된다.

본 연구에서 동적 균형을 평가한 Y Balance Test(YBT) 결과, 실험군은 모든 방향에서 유의한 향상을 보였으며, 특히 posteromedial(PM) 및 posterolateral(PL) 방향에서 도달 거리가 현저히 증가하였다. 이러한 결과는 Gribble 등(2012)이 SEBT(Star Excursion Balance Test)를 이용한 연구에서 동적 균형 능력과 고유수용감각 및 근신경 조절 기능 간의 밀접한 연관성을 보고한 기존 결과와 일치한다. SEBT는 균형 결손 탐지와 재활 전후 변화 측정에 유효한 검사로, 본 연구의 YBT 결과, 특히 posteromedial 및 posterolateral 방향의 도달 거리 유의한 증가는 SEBT 기반 훈련 효과와 구조적으로 유사한 결과를 보여준다. 이를 통해 본 연구의 고유수용감각 자극 기반 균형 훈련이 실제 데이터를 바탕으로 동적 균형 능력을 효과적으로 개선할 수 있음을 시사한다. 특히 PM과 PL 방향은 엉덩관절 외회전 및 외전 근육의 활성화, 체간 안정성의 기여도가 높은 것으로 알려져 있으며, 이는 본 연구의 엉덩관절 중심 중재가 해당 방향에서 도달 거리 향상을 유도한 생리학적 기전을 뒷받침한다. 실제로 Nelson 등(2021)은 YBT의 PM 방향에서 엉덩관절 굴곡, 발목 배측 굴곡, 발목 관절의 외회전 움직임이 도달 거리의 45.8%를 설명하며, 엉덩관절 및 무릎 신전, 엉덩관절 외전 모멘트는 도달 거리의 72.6%를 설명한다고 보고하였다. 이는 엉덩관절 기능 강화가 YBT 성과에 직접적인 영향을 미친다는 점에서 본 연구결과를 구조적으로 지지해준다. 또한, Lephart 등(1997)은 고유수용감각의 향상이 근신경계 조절 능력의 향상과 밀접하게 연관된다고 제시하였으며, 이는 본 연구에서 관찰된 동적 균형 능력 향상의 생리학적 기전을 설명할 수 있는 이론적 근거로 해석될 수 있다. 그러나 본 연구에서는 고유수용감각을 직접적으로 측정하지 않았으므로, 고유수용감각 자체의 회복 여부를 단정적으로 결론짓기는 어렵다. 그럼에도 본 연구결과는 고유수용감각 자극 기반의 균형 훈련이 기능적 향상과 주관적 불안정성 감소에 긍정적인 영향을 미칠 수 있음을 시사하며, 향후 연구에서는 고유수용감각을 직접 평가할 수 있는 추가적인 측정 도구를 포함할 필요가 있다. 본 연구의 결과는 종합적으로 단순한 발목 중심 접근을 넘어, 전신적인 관점에서 통합 전략으로서의 임상적 가능성을 보여준다.

본 연구에서 기능적 수행을 평가한 8자형 Hop Test 결과, 실험군은 대조군에 비해 유의한 향상을 보였다. Hop Test는 하지의 근력, 속도 조절, 신경근 협응, 착지 전략 등이 통합적으로 작용하는 복합 기능 검사로, 단순한 근력 향상만으로는 성과가 개선되기 어렵고, 근신경 조절 능력의 회복이 전제될 때 유의미한 향상이 나타나는 특성을 가진다. 특히 엉덩관절의 외회전 및 외전 근육의 강화는 Hop Test 수행과 밀접한 관련이 있으며, Kline 등(2018)의 연구에서는 엉덩관절 외회전 근력이 Hop Test 수행 능력의 유의미한 예측 변수로 작용한다고 보고하였다. 이는 본 연구에서 엉덩관절 중심의 중재가 하지 기능 향상에 실질적인 영향을 미쳤음을 지지하는 근거로 해석된다. 또한, Kotsifaki 등(2021)은 수평 방향의 Hop Test에서 추진력의 약 44%가 엉덩관절에서 발생하며, 착지 시에는 무릎의 기여도가 더 크지만 엉덩관절의 안정성 역시 수행에 중요한 영향을 미친다고 제시하였다. 이러한 점은 본 중재가 단순히 원위부 관절인 발목의 기능만을 목표로 한 것이 아니라, 하지 전반의 추진력 생성 및 착지 안정성 확보에 기여한 전신적 개입 전략이라는 점에서 임상적 의미가 크다.

반면, Square Hop과 Side Hop Test에서는 실험군과 대조군 간 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과는

두 테스트가 단순한 근력 향상이나 엉덩관절 안정화만으로는 성과가 개선되기 어려운, 고차원적인 민첩성과 방향 전환 능력, 신속한 신경근 반응을 요구하는 과제라는 점에서 해석될 수 있다. Sharma 등(2011)은 Side Hop Test와 Square Hop Test에서 기능적 발목 불안정성을 가진 대상자들이 건강한 대상자에 비해 유의미한 수행 저하를 보였다고 보고하였다. 이는 해당 테스트들이 단순한 근력보다는 다방향 민첩성과 반응 조절, 하지 및 체간의 협응 능력을 종합적으로 요구하는 과제임을 시사하며, 본 연구에서 엉덩관절 근 중심 중재 이후에도 유의한 차이를 보이지 않은 결과를 설명하는 근거가 될 수 있다. Ono 등(2023)은 만성 발목 불안정성 대상자에게서 Side Hop 수행 시 보상성 체간 움직임과 관절 모멘트의 비효율적인 분포가 나타난다고 보고하며, 이 과제가 단순한 정적 균형 훈련이나 근력 강화만으로는 개선되기 어려운 복합적인 기능 수행 과제를 강조하였다. 본 연구에서 진행된 엉덩관절 중심의 중재는 체간 안정성 및 하지 정렬 개선에는 효과적이었을 수 있으나, Square Hop 및 Side Hop과 같은 신속성과 민첩성, 협응성이 요구되는 복합적 수행 과제의 향상을 유도하기에는 자극 강도나 운동 구성 측면에서 제한이 있었던 것으로 해석된다. 이러한 결과는 향후 재활 중재 설계 시, 기초 안정성 및 엉덩관절 활성화 훈련 이후, 반응 민첩성, 방향 전환 능력, 시각-운동 통합 등을 포함한 고차원적 훈련을 병행해야 할 필요성을 시사한다.

본 연구에서 정적 균형 능력을 평가한 결과, 시각 차단 하에서의 단일 다리 지지 조건에서 중심압력(Center of Pressure, CoP) 면적과 평균 속도는 실험군에서 통계적으로 유의하지는 않았지만 감소하는 경향을 보였다. 이는 엉덩관절 중심의 운동 전략이 엉덩관절 협응 및 감각 통합 기능에 일정 부분 긍정적인 영향을 미쳤을 가능성을 시사한다. Winter(1995)는 자세 조절 전략 중 발목 전략(ankle strategy)보다 엉덩관절 전략(hip strategy)이 빠르고 효율적인 중심 조절을 가능하게 한다고 설명하였다. 이러한 이론은 본 연구의 정적 균형 과제에서, 발목 움직임이 제한된 상태에서도 엉덩관절 중심의 중재가 효과를 나타낼 수 있었던 배경을 뒷받침한다. 또한, Eils와 Rosenbaum(2001)은 불안정한 지지면에서의 고유수용성 운동이 중심압력 흔들림을 효과적으로 감소시킨다고 보고하며, 이러한 결과는 하지 근육의 협응과 자세 조절 전략, 특히 엉덩관절의 기능이 균형 조절에 기여할 수 있음을 간접적으로 시사한다. Porto 등(2019)은 엉덩관절 외전근의 기능이 한 다리 지지 자세에서의 정적 균형 유지에 중요한 역할을 하며, 실제로 gluteus medius의 근력은 중심 안정성과 유의미한 상관관계를 보이는 것으로 보고하였다. 이러한 선행연구는 본 연구에서 관찰된 정적 균형 능력 변화의 기전을 설명하는 이론적 근거가 될 수 있으며, 엉덩관절을 강화하는 중재가 만성 발목 불안정성 대상자의 균형 회복에 효과적인 접근이 될 수 있음을 시사한다.

본 연구에서 주관적 발목 안정성은 발목의 주관적 불안정성을 평가하기 위해 개발된 Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT) 점수를 통해 평가하였다. 그 결과, 실험군과 대조군 모두에서 유의한 향상이 나타났으나, 군간 차이는 통계적으로 유의하지 않았다. 이는 CAIT 점수를 통한 분석 결과, 고유수용감각 자극 기반의 균형 훈련이 발목의 주관적 안정성 인식을 효과적으로 개선했음을 시사한다. 구체적으로는 관절 위치 감각과 근육-건 수용기의 감각 피드백 강화, 그리고 중추신경계의 운동 계획 및 제어 능력 향상이 주관적 불안정성 감소에 기여한 것으로 판단된다. 이러한 결과는 참가자들이 일상생활 및 운동 수행 중 발목에 대한 불안감이 줄어들고, 보다 안정적이고 자신감 있는 움직임을 할 수 있게 되었음을 의미한다. Hiller 등(2006)은 CAIT가 기능적 발목 불안정성의 주관적인 측면을 평가하는 도구로 개발되었으며, 이는 심리적 요인이 평가 결과에 영향을 미칠 수 있음을 시사한다. 이러한 특성은 엉덩관절 중심의 고유수용성 중재가 기능적 수행이나 정량적 균형 지표에는 긍정적인 영향을 주더라도, 주관적 평가에는 제한적인 효과를 나타낼 수 있음을 암시한다. Alahmari 등(2021)은 만성 발목 불안정성 대상자에게 6주간의 근력 강화 및 고유수용성 훈련을 적용한 결과, CAIT 점수를 포함한 여러 기능적 지표에서 유의한 향상을 보고하였다. 이는 본 연구의 대조군에서 관찰된 CAIT 점수 향상과 유사한 경향을 보이며, 고유수용성 자극 기반 훈련 자체의 효과를 지지한다.

만성 발목 불안정성(chronic ankle instability, CAI) 대상자에서는 균형 능력과 기능 회복이 중요하며, 고유수용감각과 신경근 조절 기능 강화가 관절의 기능적 수행과 균형 능력 향상, 그리고 재손상 예방에 기여한다고 보고되고 있다

(Freeman 등, 1965; Gribble 등, 2016; Hertel, 2002). 본 연구는 이러한 선행연구들과 맥락을 같이하며, 고유수용 감각 자극을 중심으로 엉덩이 근육 활성화를 유도하는 중재가 발목 기능 회복과 균형 능력 향상에 효과적임을 실험적으로 확인하였다. 이러한 결과를 종합하면, 본 연구의 고유수용감각 자극 기반 엉덩관절 중심 중재는 CAI 대상자의 재활 전략 설계에 있어 의의가 있는 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다. 특히 발목의 직접적인 근력 강화와 함께 고유수용 감각 자극이 통합된 본 중재는 정적-동적 균형 및 기능적 수행 능력의 향상을 유도하였으며, 이는 재손상 방지 및 초기 재활 단계에서 비교적 안전하면서도 효율적인 전략으로 임상적 활용 가능성을 제시한다. 이러한 접근은 기존의 발목 중심 고유수용감각 훈련을 보완하며, 엉덩관절 중심의 기능 강화가 발목 기능 회복으로 전이될 수 있음을 보여주는 통합적 재활 전략으로 해석될 수 있다. 따라서 고유수용감각 자극을 기반으로 한 엉덩관절 중심의 상위 관절 전략은 만성 발목 불안정성 대상자의 재활 프로토콜 설계에 있어 유의미한 대안이 될 수 있을 것이다.

본 연구는 몇 가지 한계를 지닌다. 첫째, 중재 기간이 4주로 비교적 짧아, 중재 효과의 장기적 지속성 및 유지 여부를 평가하기에는 제한이 있었다. 향후 연구에서는 후속 추적 관찰을 통해 시간 경과에 따른 효과의 안정성과 전이 효과를 검증할 필요가 있다. 둘째, 엉덩관절 근육의 실제 활성화 정도를 정량적으로 확인할 수 있는 표면 근전도(EMG) 또는 뇌파(EEG) 등 생리학적 측정 지표가 포함되지 않아, 고유수용감각 자극에 따른 생체 반응의 기전을 구체적으로 규명하는 데 한계가 있었다. 향후 연구에서는 생리적 지표를 병행 측정함으로써 중재의 기전적 타당성을 보다 정밀하게 분석할 필요가 있다. 셋째, 본 연구의 대상자는 20~40대의 건강한 성인으로 제한되어 있어, 고령자, 신경계 질환자, 스포츠 선수 등 특수 인구 집단에 대한 결과 일반화에는 신중한 해석이 요구된다. 다양한 연령 및 기능 수준을 포함한 대상 확장 연구가 필요하다.

향후 연구에서는 대상군을 확대하여 다양한 연령층과 기능적 특성을 가진 집단을 포함하고, 근전도(EMG)를 통한 근활성도 분석, 감각 통합 평가와 같은 생리적 지표를 통합함으로써 고유수용감각 기반 엉덩관절 중재 전략의 적용 가능성과 임상적 타당성을 더욱더 정밀하게 검토할 필요가 있다. 또한, 장기 추적 연구를 통해 중재 효과의 지속성과 이차 손상 예방 효과에 대한 근거를 확보하는 것 역시 중요할 것이다. 이러한 후속 연구가 축적된다면, 고유수용감각 중심의 엉덩관절 중재는 만성 발목 불안정성 대상자에게 적용 가능한 효과적이고 장기적인 재활 전략으로서의 근거 기반을 확립할 수 있을 것이다.

## V. 결 론

본 연구는 고유수용성 감각 자극을 기반으로 한 엉덩이 근육 활성화 유도 운동이 만성 발목 불안정성 대상자의 균형 능력 및 기능적 수행에 미치는 영향을 확인하고자 하였다. 실험군은 발목 움직임을 제한한 상태에서 엉덩관절 중심의 훈련을 수행하였으며, 그 결과 Y Balance Test, 8자형 Hop Test에서 유의한 향상이 나타났다. 이러한 결과는 기존의 발목 중심 치료 접근 외에도, 엉덩관절을 활용한 상향식 접근이 균형 회복에 효과적일 수 있음을 시사한다. 특히 Y Balance Test 전 방향에서의 향상은 엉덩관절 협응 및 감각통합 기능의 개선과 밀접한 관련이 있는 결과로, 본 중재의 효과를 뒷받침하는 근거로 해석된다. 따라서 본 연구는 엉덩이 근육 활성화를 유도하는 고유수용성 훈련이 만성 발목 불안정성 대상자의 기능 회복에 효과적인 재활 접근법이 될 수 있음을 제시한다. 향후 다양한 인구군과 평가 변인을 포함한 장기적, 확장적 연구가 필요하다.

## 참고문헌

- 서일홍, 황병준. 만성 발목 불안정성 환자에 볼기근 운동을 동반한 발목 운동프로그램이 통증과 발목 불안정성 수준, 동적 균형 수준에 미치는 영향. *대한정형도수물리치료학회지* 2024;30(2):51-63.
- 채지수, 최유원, 김명권. 인지 과제를 적용한 고유수용성 운동이 만성 발목 불안정성 성인의 균형과 발목 기능에 미치는 영향. *대한물리의학회지* 2020;15(1):65-76.
- Alahmari KA, Kakaraparathi VN, Reddy RS, et al. Combined effects of strengthening and proprioceptive training on stability, balance, and proprioception among subjects with chronic ankle instability in different age groups: Evaluation of clinical outcome measures. *Indian J Orthop* 2021;55:199-208.
- Anderson K, Behm DG. The impact of instability resistance training on balance and stability. *Sports Med* 2005;35(1):43-53.
- Anguish B, Sandrey MA. Two 4-week balance-training programs for chronic ankle instability. *J Athl Train* 2018;53(7):662-671.
- Beckman SM, Buchanan TS. Ankle inversion injury and hypermobility: effect on hip and ankle muscle electromyography onset latency. *Arch Phys Med Rehabil* 1995;76(12):1138-1143.
- 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 Med* 2015;45:1645-1669.
- Behm D, Colado JC. The effectiveness of resistance training using unstable surfaces and devices for rehabilitation. *Int J Sports Phys Ther* 2012;7(2):226.
- 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. *J Orthop Sports Phys Ther* 2009;39(11):799-806.
- DeJong AF, Koldenhoven RM, Hart JM, et al. Gluteus medius dysfunction in females with chronic ankle instability is consistent at different walking speeds. *Clin Biomech* 2020;73:140-148.
- Distefano LJ, Blackburn JT, Marshall SW, et al. Gluteal muscle activation during common therapeutic exercises. *J Orthop Sports Phys Ther* 2009;39(7):532-540.
- Docherty CL, Arnold BL, Gansneder BM, et al. Functional-performance deficits in volunteers with functional ankle instability. *J Athl Train* 2005;40(1):30.
- Donahue M, Simon J, Docherty CL. Critical review of self-reported functional ankle instability measures. *Foot Ankle Int* 2011;32(12):1140-1146.
- Earl JE. Gluteus medius activity during 3 variations of isometric single-leg stance. *J Sport Rehabil* 2005;14(1):1-11.
- Eils E, Rosenbaum D. A multi-station proprioceptive exercise program in patients with ankle instability. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33(12):1991-1998.
- Ekstrom RA, Donatelli RA, Carp KC. Electromyographic analysis of core trunk, hip, and thigh muscles

- during 9 rehabilitation exercises. *J Orthop Sports Phys Ther* 2007;37(12):754-762.
- Ferran NA, Maffulli N. Epidemiology of sprains of the lateral ankle ligament complex. *Foot Ankle Clin* 2006;11(3):659-662.
- Fong DTP, Hong Y, Chan LK, et al. A systematic review on ankle injury and ankle sprain in sports. *Sports Med* 2007;37:73-94.
- Freeman M, Dean M, Hanham I. The etiology and prevention of functional instability of the foot. *J Bone Joint Surg Br* 1965;47(4):678-685.
- Friel K, McLean N, Myers C, et al. Ipsilateral hip abductor weakness after inversion ankle sprain. *J Athl Train* 2006;41(1):74.
- Gribble PA, Bleakley CM, Caulfield BM, et al. 2016 consensus statement of the International Ankle Consortium: prevalence, impact and long-term consequences of lateral ankle sprains. *Br J Sports Med* 2016;50(24):1493-1495.
- Gribble PA, Delahunt E, Bleakley C, et al. Selection criteria for patients with chronic ankle instability in controlled research: a position statement of the International Ankle Consortium. *J Orthop Sports Phys Ther* 2013;43(8):585-591.
- Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the Star Excursion Balance Test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review. *J Athl Train* 2012;47(3):339-357.
- Han J, Anson J, Waddington G, et al. The role of ankle proprioception for balance control in relation to sports performance and injury. *Biomed Res Int* 2015;2015:842804.
- Hertel J, Braham RA, Hale SA, et al. Simplifying the star excursion balance test: analyses of subjects with and without chronic ankle instability. *J Orthop Sports Phys Ther* 2006;36(3):131-137.
- Hertel J, Corbett RO. An updated model of chronic ankle instability. *J Athl Train* 2019;54(6):572-588.
- Hertel J. Functional anatomy, pathomechanics, and pathophysiology of lateral ankle instability. *J Athl Train* 2002;37(4):364.
- Hertel J. Functional instability following lateral ankle sprain. *Sports Med* 2000;29:361-371.
- Hiller CE, Refshauge KM, Bundy AC, et al. The Cumberland ankle instability tool: a report of validity and reliability testing. *Arch Phys Med Rehabil* 2006;87(9):1235-1241.
- Horak FB. Clinical measurement of postural control in adults. *Phys Ther* 1987;67(12):1881-1885.
- Hrysomallis C. Balance ability and athletic performance. *Sports Med* 2011;41:221-232.
- Hubbard TJ, Hertel J. Mechanical contributions to chronic lateral ankle instability. *Sports Med* 2006;36(3):263-277.
- Kalra S, Pal S, Pawaria S, et al. Comparative study of wobble board and Bosu ball along with strength training on lower limb strength, dynamic balance, agility and functional performance of runners with lateral ankle instability. *J Clin Diagn Res* 2021;15(5).
- Kim JH, Choi BR. Intra- and inter-rater reliability of BioRescue. *J Korea Contents Assoc* 2018;18(11):348-352.
- Kline PW, Burnham J, Yonz M, et al. Hip external rotation strength predicts hop performance after an-
-

- terior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2018;26:1137-1144.
- Kotsifaki A, Korakakis V, Graham-Smith P, et al. Vertical and horizontal hop performance: contributions of the hip, knee, and ankle. *Sports Health* 2021;13(2):128-135.
- 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):437-446.
- Lephart SM, Pincivero DM, Giraido JL, et al. The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. *Am J Sports Med* 1997;25(1):130-137.
- Lo PY, Su BL, You YL, et al. Measuring the reliability of postural sway measurements for a static standing task: the effect of age. *Front Physiol* 2022;13:850707.
- Nelson S, Wilson CS, Becker J. Kinematic and kinetic predictors of Y-balance test performance. *Int J Sports Phys Ther* 2021;16(2):371.
- Neumann DA. *Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for rehabilitation*. 2nd ed. St. Louis: Mosby; 2010.
- Ono K, Yoshida T, Ota K, et al. Compensatory kinetics during the side-hop test in individuals with chronic ankle instability. *J Athl Train* 2023;58(11-12):920-926.
- Plisky PJ, Gorman PP, Butler RJ, et al. The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *N Am J Sports Phys Ther* 2009;4(2):92.
- Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, et al. Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *J Orthop Sports Phys Ther* 2006;36(12):911-919.
- Porto JM, Freire Junior RC, Bocarde L, et al. Contribution of hip abductor-adductor muscles on static and dynamic balance of community-dwelling older adults. *Aging Clin Exp Res* 2019;31:621-627.
- Quijoux F, Nicolai A, Chairi I, et al. A review of center of pressure (COP) variables to quantify standing balance in elderly people: Algorithms and open-access code. *Physiol Rep* 2021;9(22):e15067.
- Ribeiro F, Oliveira J. *Factors influencing proprioception: what do they reveal*. INTECH; 2011.
- Schiftan 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):238-244.
- Semciw AI, Pizzari T, Murley GS, et al. Gluteus medius: an intramuscular EMG investigation of anterior, middle and posterior segments during gait. *J Electromyogr Kinesiol* 2013;23(4):858-864.
- Shaffer SW, Teyhen DS, Lorenson CL, et al. Y-balance test: a reliability study involving multiple raters. *Mil Med* 2013;178(11):1264-1270.
- Sharma N, Sharma A, Sandhu JS. Functional performance testing in athletes with functional ankle instability. *Asian J Sports Med* 2011;2(4):249.
- Smith BI, Docherty CL, Simon J, et al. Ankle strength and force sense after a progressive, 6-week strength-training program in people with functional ankle instability. *J Athl Train* 2012;47(3):282-288.

- Theodorakos I, Rueterbories J, Lund ME, et al. Ankle bracing effects on knee and hip mechanics during landing on inclined surfaces. *Int Biomech* 2016;3(1):22-32.
- van Rijn RM, Van Os AG, Bernsen RM, et al. What is the clinical course of acute ankle sprains? A systematic literature review. *Am J Med* 2008;121(4):324-331.e327.
- Webster KA, Gribble PA. A comparison of electromyography of gluteus medius and maximus in subjects with and without chronic ankle instability during two functional exercises. *Phys Ther Sport* 2013;14(1):17-22.
- Wilson J, Ferris E, Heckler A, Maitland L, Taylor C. A structured review of the role of gluteus maximus in rehabilitation. *N Z J Physiother* 2005;33(3).
- Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture* 1995;3(4):193-214.
- Yeum WJ, Lee MY, Lee BH. The influence of hip-strengthening program on patients with chronic ankle instability. *Medicina (Kaunas)* 2024;60(8):1199.
-