

# 대한물리치료과학회지

Journal of Korean Physical Therapy Science  
2024. 03. Vol.31, No.1, pp.70-87

## Y-균형 운동이 만성적 발목 불안정성을 가진 사람들의 시거리 보행 변수에 미치는 영향

박근태<sup>1</sup> · 강민지<sup>2</sup> · 한진태<sup>2</sup>

<sup>1</sup>피지오 컨디셔닝 운동센터 · <sup>2</sup>경성대학교 물리치료학과 · <sup>2</sup>경성대학교 물리치료학과

## Effects of Y-Balance Exercise on Spatio-temporal Gait Parameters in Subjects with Chronic Ankle Instability

Geun Tae Park<sup>1</sup>, M.Sc, P.T. · Min Ji Kang<sup>2</sup>, M.Sc, P.T. · Jin Tae Han<sup>2</sup>, Ph.D., P.T.

<sup>1</sup>Physio Conditioning Training Center

<sup>2</sup>Dept. of Physical Therapy, College of Science, Kyungsoong University

### Abstract

**Background:** This study aimed to investigate the effect of Y-balance exercise on spatio-temporal gait parameters in subjects with chronic ankle instability.

**Design:** Randomized Controlled Trial.

**Method:** A study was conducted on 43 people with chronic ankle instability. Subjects performed modified Y-balance exercise 3 times a week for 50 minutes, 4 weeks. Gait parameters were measured using a gait analysis treadmill before exercise, 2 weeks after exercise, and 4 weeks after exercise. A gait analysis treadmill (FDM-T AP1171, Zebris, Germany) was used to measure gait parameters. Mean values were compared using Repeated measured two-way ANOVA.

**Result:** When comparing the results of three measurements taken before exercise, 2 weeks after exercise, and 4 weeks after exercise, there were significant differences in the qualitative and quantitative aspects of gait in gait variables such as step distance, step time, step ratio, and sway ratio.

**Conclusions:** These results suggest that the Y-balance

exercise and various exercises combining balance and proprioception are effective for subjects with chronic ankle instability.

**Key words:** Exercise Therapy, Ankle, Joint Instability, Gait

### 교신저자

강민지

부산광역시 남구 수영로 309

T: 051-663-4870, E: alswl1633@naver.com

## I. 서론

발목관절(ankle joint)은 다리 관절들 중 빈번하게 손상되는 관절이며, 발목 뺨(ankle sprain)은 가장 흔한 부상 중 하나로 급성 손상 대부분을 차지한다(Boruta 등, 1990; Golanó 등, 2010; 이대훈, 2022). 발목 뺨이 반복되어 발목관절에서 지속적인 불안정감을 느끼게 되는 증상을 만성 발목 불안정성(chronic ankle instability, CAI)이라고 한다(김선민, 2023; Drewes 등, 2009).

발목 뺨은 약 40~70% 사이의 재발률을 나타내는 것으로 선행연구들에서 추정되고 있다(한진태, 2022; Gerber 등, 1998; Koldenhoven 등, 2019). 다리관절 중 발목의 운동 손상은 연부조직의 미세 손상에 의한 감각 수용기에 영향을 주게 되며, 발목관절의 불안정성은 발목의 기능적인 변화에 영향을 미치게 된다. 또한 반복적으로 발생하는 발목 뺨은 CAI로 이어지게 된다(Hertel, 2000; Hertel 등, 2006; Hubbard와 Hertel, 2006; 유요한, 2023). 발목 불안정성은 초기에 정확한 진단 및 치료가 필요하고, CAI으로 진행되는 것을 예방하기 위해서는 균형 훈련을 치료적 운동 목적으로 적용하는 것이 효과가 있다(Beynon 등, 2002; Verhagen 등, 2000).

Y-균형 검사(Y-balance test, YBT)는 발목관절과 큰볼기근(gluteus maximus muscle) 아래쪽 및 허벅지 뒤쪽 근육(hamstring)의 유연성 상실 및 비대칭을 식별하는 데 도움을 줄 수 있으며(Overmoyer와 Reiser, 2015), 다리와 발목 관절의 부상 예방에 있어 표준화된 검사 방법으로 신뢰도가 높다(Plisky 등, 2009). Y-균형 운동(Y-balance exercise)은 신뢰도 높은 YBT를 운동프로그램으로 수정한 것이다. 이와같은 운동방법은 엉덩관절과 무릎관절 그리고 발목관절의 복합적인 운동 범위를 가능하게 하는 운동 방법으로 다리의 근력 및 지구력을 증가시키고, 안정성과 기능적 움직임을 향상시키는 데 있어 치료적 운동프로그램으로 가능성이 있다고 생각된다(고주필, 2017; Hertel, 2002; Shaun 등, 2018).

CAI이 있는 대상자들에게 균형 운동을 적용한 선행 연구들을 보면, 균형 감각과 동적 안정성 향상을 위한 4주 이상의 균형 운동 적용이 YBT 및 SEBT(star excursion balance test)의 도달 거리를 증가시켰고, 이는 대상자들의 동적 자세 안정성과 균형 능력 그리고 기능의 개선 및 향상에 효과가 있음을 의미한다(Kinzey와 Armstrong, 1998; Plisky 등, 2009; Wortmann과 Docherty, 2013). 또한 CAI이 있는 사람들에게 대한 균형 운동의 적용은 발목의 안정화에 기여하는 앞정강근(tibialis anterior)과 긴종아리근(peroneus longus)의 근활성도를 증가시켰고(Conceição 등, 2016), 지지면(base of support)을 조절한 균형 훈련은 발목 불안정성에 효과가 있음을 나타낸다(김영민, 2014).

발목관절에 대한 균형 훈련은 시각과 전정계 및 체성감각과 같은 감각 정보를 배치 처리(batch processing) 하여 자세와 균형의 조절을 통합하는 능력을 높이고, 보행과 같은 움직임을 향상시킨다(Han 등, 2015). 발목 뺨을 경험한 환자들에게 발목관절가동술과 한발 서기 같은 정적 균형 운동을 적용한 결과 가동성의 증가 및 엉덩관절 굽힘근의 근력 향상과 보행속도의 향상 그리고 걸음 시간의 감소가 확인되었으며, 이는 발목 불안정성을 개선하는데 도움을 줄 수 있다(정상모 등, 2018). 또한 한쪽 엉덩관절에 대한 운동 적용이 반대쪽 다리에 대한 한발 서기 동안에 균형 능력을 확인한 연구에서 안정성을 유지하는 능력이 향상되었다(Kim 등, 2011).

발목관절과 관계된 시거리 보행 변수들에 대한 선행 연구들에서 발목관절의 동적 안정성의 증가는 보행속도를 증가시켰고(Kibushi, 2018), 엉덩관절과 무릎관절의 신장운동은 걸음거리의 변화와 관련이 있으며, 신장운동으로 인한 가동성의 향상은 걸음거리를 증가시켰다(Lim 등, 2017; Schulz, 2007). 그리고 발목 불안정성이 있는 환자들은 보행 시 디딤기의 비율이 정상 범위에서 약 10% 가까이 감소되어 있는 것을 확인하였다(Chinn 등, 2014).

CAI에 대해 운동을 적용한 선행 연구들은 발목관절에 집중한 단일 관절 운동과 근력운동 및 안정성 지지 도구를 이용한 방법들이 있었으며(김경훈 등, 2009; 신원정 등, 2016; 정상모 등, 2018; Chinn 등, 2014), 뇌졸중 환자들

을 대상으로 심폐능력과 보행능력 그리고 족저압의 변화를 알아보기 위한 연구들이 대부분이었다(김주오와 이병희, 2020; 이병훈 등, 2014; 이진환 등, 2012; 조성현과 최기복, 2020). 그리고 다리와 발목관절에 대한 부상 위험도를 예측하는 검사법들과 이를 증명하는 연구들이 있었으며(Hertel 등, 2006; Stiffler 등, 2017), 발목 불안정성에 대한 불안정한 지지면의 변화를 이용한 연구들도 있었다(이은상과 이승원, 2018; 한준호와 이효정, 2018). 이와 같이 발목관절과 관계된 선행 연구들을 종합해 보면, 균형 능력 향상을 위해 특정 근육을 강화하는 운동을 적용하거나, 정적 균형 능력과 동적 균형을 각각 적용하는 연구들이 대부분 이루어지고 있었으며(김영민, 2014; 김윤환 등, 2018; 이은상과 이승원, 2018), 균형 운동 적용 후 YBT와 같은 평가 도구를 이용하여 기능적인 면을 측정하는 경우가 대부분이었고, CAI에 대한 정적 균형과 동적 균형을 포함한 평가 도구인 YBT를 수정하여 치료적 운동방법으로 적용한 사례는 아직까지 없었다. 따라서 본 연구는 발목관절 및 다리에서 볼 수 있는 다양한 기능적 부분에 대한 선행연구들에서 정적 및 동적 균형 운동 능력과 근력 및 지구력 그리고 가동성에 대한 다양한 훈련 방법들이 통합적으로 가능한 운동방법으로 이러한 요소들을 평가하는 도구인 YBT를 수정하여 운동으로 적용하게 되었다. 또한 Y-균형 운동프로그램의 적용은 CAI가 있는 대상자들의 기능적 능력 향상에 어떤 방향으로 효과가 있는지 확인하기 위해 Y-balance 운동프로그램의 적용기간에 따라 변화하는 보행변수들을 비교하려 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구는 CAI가 있는 43명의 대상자들의 동의를 자발적으로 받아 실험을 진행하였고, 대상자 선정을 위해 만성 발목 불안정성 평가 도구인 CAIT(chronic ankle instability test)를 이용하여 대상자 선정을 하였다<부록 1>. 실험 대상자의 모집은 CAI가 있는 대상자들의 신청을 받기위해 포스터 및 홍보전단을 이용하여 신청을 받아 모집을 하였으며, 실험연구에 참여하는 대상자들에게 연구진행에 대한 방법과 목적 등에 대한 설명을 충분히 하였으며, 이와같은 과정을 통해 대상자들의 동의를 얻었다. 실험연구에 참여한 대상자들의 다양한 신체적 특성을 측정하기 Table 1 과 같이 측정을 실시하였다<Table 1>.

Table 1. General characteristics

구분	Subjects(n = 43)
Age (year)	30.81±10.34
Sex (male/female)	male(n=3), female(n=40)
Height (cm)	162.35±5.31
Weight (kg)	58.33±7.00
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	22.07±1.67 <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Mean±SD, \**p* < .05

본 연구에 참여할 대상자는 신경학적인 병력이 없는 자, 근육뼈대계 수술 이력이 없는 자, 체질량지수가 18.5 이상 25이하로 정상 범위인 자, 연구 시작 전 최소 6개월 전에 자가 보고된 주관적 불안정감을 갖는 발목 염좌의

과거력이 있는 사람들 중 CAIT 검사 결과 24점 이하인 자(Cruz-Diaz 등, 2015; Donahue 등, 2011; Hiller 등, 2006; Sawkins 등, 2007)로 선정하였다.

본 실험연구는 기저질환이 있거나 일상생활의 독립성이 낮아 생활에 제한이 있는 자, 척추 및 디스크 관련 질환 및 척추의 구조적 변형이 있는 경우, 그리고 Y-balance 운동의 적용이 어려운 사람들은 연구 대상에 포함시키지 않았다.

## 2. 측정도구 및 절차

### 1) 측정 도구

#### (1) 보행 분석 트레드밀

보행 변수를 기록하여 전자적인 분석이 가능한 플랫폼인 FDM-T AP1171(Zebris, Germany)을 사용하여 보행 분석을 실시하였으며, 발판에는 센서가 내장되어 있고, 이는 내구성과 정확성이 높은 콘텐서 방식으로 이루어져 있다. 활동을 감지하기 위한 센서는 3,432개 이고, 100Hz정도의 주파수를 사용하며, 고도의 센서(1 sensor/cm<sup>2</sup>)는 1-120 N/cm<sup>2</sup>까지 측정이 가능하다. 신뢰도는 (ICC≥0.7), 보행 변수들에서 대부분 양호(ICC≥0.8)에서 우수(ICC≥0.9)를 나타낸 것으로 선행된 연구들에서 검증된 것으로 알려져 있다.

시거리 보행 변수 측정을 위해 대상자들은 안정성이 높은 맨발의 상태로 측정을 하였으며(김인배 등, 2018; Lee 등, 2019), 보행 시 측정되는 데이터 값은 30초 동안의 예비 걸음을 제외한 30초 동안의 걸음을 측정할 값을 사용하였다(Figure 1).



Figure 1. Gait analysis treadmill

#### (2) 만성 발목 불안정성 평가 도구

본 연구에서 만성 발목 불안정성 평가에 사용된 도구인 CAIT는 발목 불안정성을 점수화 시킨 최초의 주관적 평가 도구이며, 총점 30점 만점에 9개의 질문으로 각 문항의 배점이 다르게 구성되어 있다. 평가 점수가 28점 이상은 정상으로 간주하고, 24점 이하의 발목 불안정성이 있는 것으로 정의한다(Donahue 등, 2011). 또한 평가

점수가 높을수록 안정성이 높고, 낮을수록 불안정성이 높은 것으로 평가된다(Cruz-Diaz 등, 2015; Sawkins 등, 2007). CAIT는 신뢰할 수 있는 최초의 평가 도구로 신뢰도(ICC=.96), 우수한 테스트-재 테스트 신뢰성(ICC2,1=.96)으로 높은 신뢰도를 가진 도구이다(Sawkins 등, 2007; Hiller 등, 2006). CAIT는 실험연구 과정에서 대상자 선정에 사용하였다<부록 1>.

## 2) 측정 항목

### (1) 보행 변수

#### 가. 걸음거리

걸음거리는 보행 동안 한쪽 발의 발꿈치 닿기와 반대쪽 발의 발꿈치 닿기가 지면에서 이루어진 지점의 거리를 말한다(Perry, 2010).

#### 나. 걸음시간

걸음시간은 완전한 걸음 주기를 완성하는데 필요한 시간인 큰걸음시간(stride time)에서 완전한 한발짝에 필요한 시간을 걸음시간(step time)이라 한다(Perry, 2010).

#### 다. 디딤기 및 흔들기 비율

보행주기는 약 60%의 디딤기(stance phase)와 약 40%의 흔들기(swing phase)로 나눌 수 있다(Neumann, 2010).

## 3) 중재 방법

Y-balance 운동을 적용하기 전에 보행 분석을 실시하여 보행 변수에 대한 측정을 실험연구 전에 실시하였고, 적용 2주 및 4주 이후 대상자들의 보행 변수에 대한 변화를 비교하기 위해 측정을 반복하여 실시하였다. 운동의 적용은 1일 약 50분, 1주에 3일, 4주간 적용하였다. 준비운동 약 10분, Y-balance 운동 약 30분, 마무리 운동 약 10분, 이와 같이 전체 운동 소요시간이 약 50분 정도가 필요한 운동프로그램을 구성하였다<Table 2>.

Table 2. Y-balance exercise program

Exercise	Frequency
Warm up	10 minutes
Y-balance exercise program	30 minutes
Cool down	10 minutes

### (1) 수정된 Y-균형 운동프로그램

평평한 바닥에 테이프를 이용하여 Y 모양의 선을 만들었으며, Y 모양의 선 위에서 양발을 이용하여 운동을 적용하였다. Y 모양의 선의 사용 방향은 거꾸로 된 모양으로 앞쪽, 뒤가쪽, 뒤편쪽을 향하는 세 방향으로 운동을 진행하였으며, 앞쪽 선과 뒤가쪽·뒤편쪽 선의 각도는 135°로 이루어져 있으며, 뒤편쪽의 두 개의 선은 90°의 각도로 이루어져 있다(Figure 2).



Figure 2. Y-balance exercise

Y-balance 운동은 Y선의 가운데 한쪽 발을 놓고, 한발로 선 자세에서 운동을 시작하였으며, 바닥에 놓여있지 않은 반대쪽 다리를 이용하여 Y 모양의 세군데 방향을 향해 운동을 실시 하였다. 운동 시 다리는 최대한 뻗으며 운동을 진행 할 수 있도록 지시하였다. 운동의 진행은 비손상측 발을 지면에 먼저 닿은 상태에서 진행하였으며, 이후 손상측 발을 지면에 놓고 운동을 진행하게 하였다. 운동 시 다리를 뻗는 순서는 앞쪽, 뒤가쪽, 뒤편쪽으로 진행하였다. 운동은 1세트(set)에 10~15개(rep)로 구성하였으며, 하루에 총 3세트의 운동을 진행하였고, 이를 주 3회, 4주간 진행하였다.

YBT는 검사 시 최대한 다리를 뻗어 도달한 거리를 측정하는 기능적 평가 도구이다(Plisky 등, 2009). Y-balance 운동은 이러한 YBT를 운동으로 적용하는 것이다. 운동 시 세트와 세트 사이의 쉬는 시간은 2분 이내로 하였으며(문세영 등, 2014), 운동 전과 후에 구성되어 있는 준비 운동 및 마무리 운동은 스트레칭과 걷기 그리고 짧은발(short-foot) 등의 간단한 운동으로 구성하여 적용하였다(송다운, 2013; Lee 등, 2019). 전체 운동프로그램은 운동으로 인한 효과에 긍정적이거나 부정적인 영향이 있을 수 없도록 진행하였다(최진승 등, 2011; Meyer 등, 2019)<Table 2>.

#### 4) 연구 절차

본 연구의 절차는 운동 중재 전 보행분석 트레드밀을 이용하여 보행 변수를 측정하였고, 운동 적용 2주 후 재측정하였으며, 운동적용 4주 후의 재측정을 통해 자료를 분석하였다<Figure 3>.

실험연구에 참여한 43명의 사람들에게 운동방법에 대한 설명이 사전에 충분히 이루어졌으며, 충분한 연습이 이루어진 후 운동을 적용한 실험연구를 실시 하였다. 정확한 동작의 운동이 이루어질 수 있도록 하기 위해 약 4~6회 정도의 연습 이후 운동을 실시하였다(Plisky 등, 2009).

운동 적용 시 효과의 증대를 위해 대상자들이 맨발로 운동을 수행하게 하였고(Lee 등, 2019), 발목 뺨의 과거력이 없는 비손상측에서 운동을 먼저 실시하였으며, 이후 손상측으로 진행하였다(정민호 등, 2014). 준비운동은 본

운동에 대한 적응 시간을 줄이기 위해 실시하였고, 본 운동 이후 다음 운동 시 컨디션 회복을 위해 마무리 운동을 실시하였으며, 이는 운동의 효율성을 높이고 각종 부상을 예방하기 위해 설계하였다(Van Hooren과 Peake, 2018; Van Mechelen 등, 1993). 본 연구에서 준비 운동과 마무리 운동에 포함된 트레드밀 운동은 약 3~5분 이내로 적용되었으며, 선행 연구에서 트레드밀 운동을 1회 30분 이상, 주 5일간 지속적으로 적용 한 경우에 근신경계에 효과적이라는 연구가 있었으며(윤진환 등, 2010), 준비 운동의 목적으로 단시간 적용된 경우에는 시거리 보행 변수의 변화에 영향이 없을 것으로 생각된다.

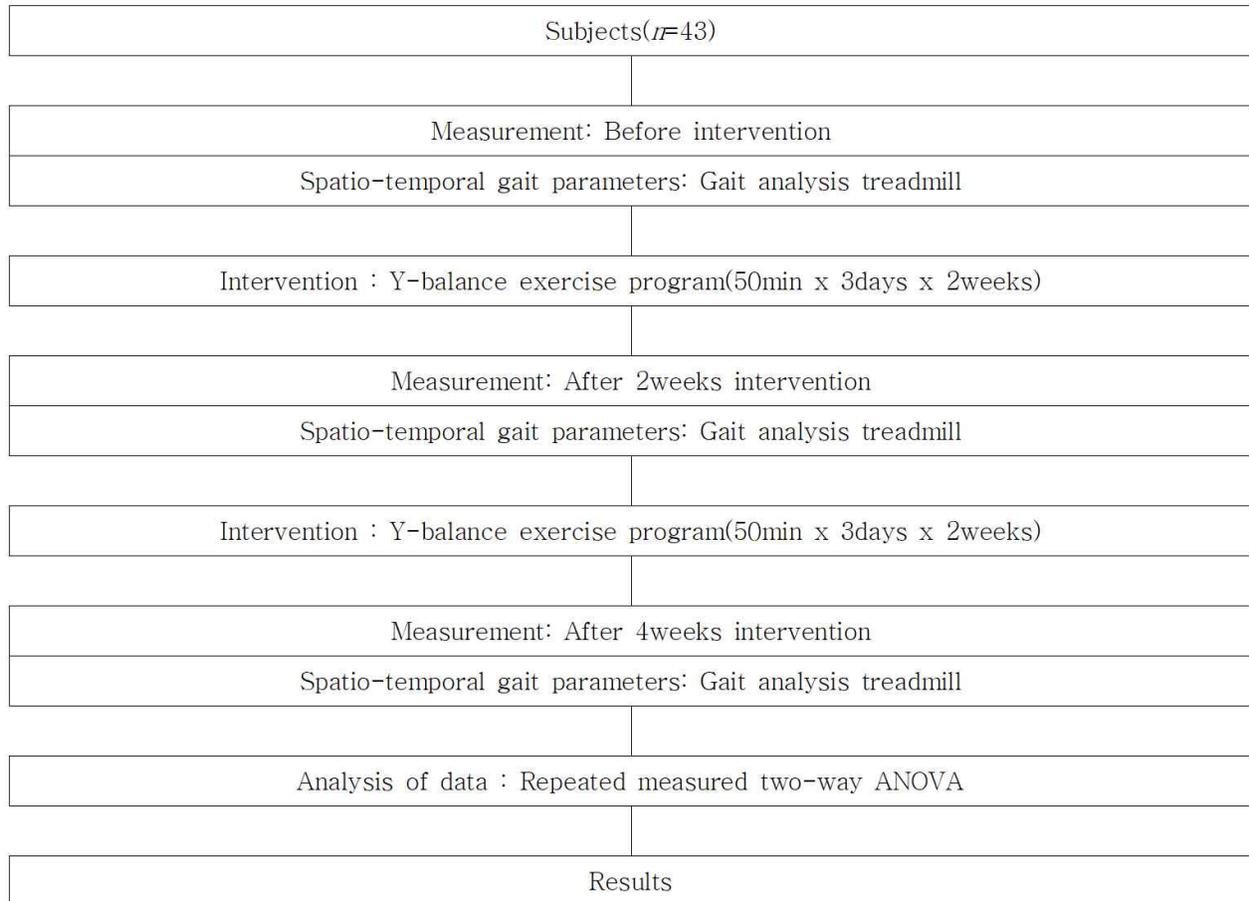


Figure 3. Diagram of experimental design

### 3. 자료 분석

본 연구의 자료 분석은 SPSS 25.0 Version(IBM SPSS Inc., USA)을 이용하여 통계처리하였다. Y-balance 운동프로그램 적용에 따른 손상측과 비손상측의 보행 변수를 비교하기 위한 통계기법으로 반복측정 이원반복 분산분석(two way repeated measures ANOVA)를 사용하였다. 유의수준은 통계학적으로 .05로 설정하였다.

### Ⅲ. 연구결과

#### 1. 연구 대상자의 일반적 특성

본 실험연구에 참여한 대상자들의 일반적 특성 중 성별은 남자 3명, 여자 40명, 총 43명이었다. 대상자들의 평균 나이는  $30.81 \pm 10.34$ 세, 몸무게는  $58.33 \pm 7.00$ kg, 키는  $162.35 \pm 5.31$ cm으로 나타났으며, 평균 BMI는  $22.07 \pm 1.67$ kg/m<sup>2</sup>이었고, 손상측이 왼쪽인 대상자 3명, 오른쪽이 손상측인 대상자는 40명으로 이루어져 있었다 <Table 1>.

#### 2. Y-balance 운동프로그램 기간에 따른 보행 변수 비교

##### 1) 걸음거리

Y-balance 운동프로그램의 적용 기간에 따른 보행 변수 중 걸음거리 비교에서 손상측과 비손상측으로 구분하여 비교하였고, 개체 내 효과 검정을 보면, 운동 기간의 증가에 따라 걸음거리도 증가하였으며, 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ). 그러나 개체 내 손상측과 비손상측 걸음거리의 비교에서 운동의 기간과 손상유무(sides)에 따른 상호작용은 나타나지 않았다( $p > .05$ ). 기간에 따른 대응별 비교를 보면, 운동 전 보다 2주 후 및 4주 후에 걸음거리가 증가하였고, 통계학적으로 유의한 차이도 있었다( $p < .05$ ). 하지만 손상측 및 비손상측의 걸음거리를 개체 간 효과검정으로 비교한 결과 손상측이 비손상측에 비해 걸음거리의 증가를 보였으나 유의한 차이는 없었다(Table 3-6).

Table 3. Stride length statistics according to intervention period (unit : cm)

Gait parameters		Pre	2week	4week
step length	affected	61.07±7.22	68.58±5.93	70.67±4.63
	non-affected	62.33±6.36	68.51±5.88	70.02±4.54

(Mean±SD)

Table 4. Testing of within-subject effects according to intervention period

		Type III SS	df	MS	F	P
period	Sphericity assumed	3585.26	2	1791.63	165.23	0.00*
	Sphericity assumed	41.07	2	20.53	1.89	0.15

\* $p < 0.05$

Table 5. Pairwise comparison test for stride length across intervention periods

Period		SE	MD	P
Pre	2weeks	0.53	-6.84	0.00*
	4weeks	0.52	-8.65	0.00*
2weeks	pre	0.53	6.84	0.00*
	4weeks	0.43	-1.80	0.00*
4weeks	pre	0.52	8.65	0.00*
	2weeks	0.44	1.80	0.00*

\* $p < 0.05$ 

Table 6. Testing the between-subject effect of stride length according to the intervention period

	Type III SS	df	MS	F	P
Sides	2.05	1	2.05	0.02	0.87
Error	6772.20	84	80.62		

## 2) 걸음시간

Y-balance 운동프로그램의 적용 기간에 따른 보행 변수 중 걸음시간 비교에서 손상측과 비손상측으로 구분하여 비교하였고, 다변량 검정 결과를 보면, 걸음시간이 통계학적으로 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 그러나 개체 내 손상측과 비손상측 걸음시간의 비교에서 운동의 기간과 손상유무(sides)에 따른 상호작용은 나타나지 않았다( $p > 0.05$ ). 기간에 따른 대응별 비교를 보면, 운동 전 보다 2주 후 및 4주 후에 걸음시간이 감소하였고, 통계학적으로 유의한 차이도 있었다( $p < 0.05$ ). 하지만 손상측 및 비손상측의 걸음시간을 개체 간 효과 검정으로 비교한 결과 유의한 차이는 없었다(Table 7-10).

Table 7. Step time statistics according to intervention period

(unit : sec)

Gait parameters		Pre	2week	4week
Step	affected	0.56±0.03	0.54±0.02	0.50±0.03
time	non-affected	0.56±0.31	0.54±0.02	0.51±0.03

(Mean±SD)

Table 8. Multivariate variation of phase time relative to intervention period.

	Value	F	Hypothesis df	Error df	P
Period	0.69	93.44	2	83	0.00*
Period sides	0.01	0.40	2	83	0.66

\* $p < 0.05$

Table 9. Pairwise comparison test for step time across intervention periods

Period		SE	MD	P
Pre	2weeks	0.00	0.02	0.00*
	4weeks	0.00	0.04	0.00*
2weeks	Pre	0.00	-0.02	0.00*
	4weeks	0.00	0.02	0.00*
4weeks	Pre	0.00	-0.04	0.00*
	2weeks	0.00	-0.02	0.00*

\* $p < 0.05$ 

Table 10. Testing the between-subject effect of step time according to the intervention period

	Type III SS	df	MS	F	P
Sides	0.00	1	0.00	0.22	0.63
Error	0.19	84	0.00		

## 3) 디딤기 비율

Y-balance 운동프로그램의 적용 기간에 따른 보행 변수 중 디딤기 비율을 손상측과 비손상측으로 구분하여 비교하였으며, 운동의 적용 기간이 증가함에 따라 보행주기에서 손상측의 디딤기 비율이 60%에 가까워지며, 보행 시 정상 비율에 가까운 수치를 보였다. 다변량 검정 결과, 운동의 적용 기간에 따른 디딤기 비율은 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 하지만 손상측과 비손상측의 디딤기 비율을 비교해 보면 운동 기간 및 손상유무(sides)에 따른 상호작용은 나타나지 않았다( $p > 0.05$ ). 운동 기간에 대한 대응별 비교 결과, 운동전 보다 2주 후 및 4주 후에 디딤기 비율이 감소하였고, 통계학적으로도 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ). 또한 손상측과 비손상측의 디딤기 비율에 대한 개체 간 효과 검정에서 통계학적으로 유의한 차이도 있었다( $p < 0.05$ )(Table 11-14).

Table 11. Descriptive statistics of stance phase according to intervention period (unit : %)

Gait parameters		Pre	2week	4week
Stance phase	affected	63.53±1.20	61.97±1.49	61.46±1.71
	non-affected	62.89±1.07	61.63±1.41	60.97±1.67

(Mean±SD)

Table 12. Multivariate variation of stance phase according to intervention period

	Value	F	Hypothesis df	Error df	P
Period	0.62	69.87	2	83	0.00*
Period sides	0.01	0.43	2	83	0.64

\* $p < 0.05$

Table 13. Pairwise comparison test of stance phase according to intervention period

Period		SE	MD	P
Pre	2weeks	0.15	1.41	0.00*
	4weeks	0.19	1.99	0.00*
2weeks	Pre	0.15	-1.41	0.00*
	4weeks	0.19	0.58	0.04*
4weeks	Pre	0.19	-1.99	0.00*
	2weeks	0.00	-0.02	0.00*

\* $p < 0.05$

Table 14. Testing the between-subjects effect on stance velocity across intervention periods

	Type III SS	df	MS	F	P
Sides	15.62	1	15.62	4.53	0.03*
Error	289.75	81	3.44		

\* $p < 0.05$

#### 4) 흔들기 비율

Y-balance 운동프로그램의 적용 기간에 따른 보행 변수 중 흔들기 비율을 손상측과 비손상측으로 구분하여 비교하였고, 운동의 적용 기간이 증가함에 따라 보행주기에서 손상측의 흔들기 비율이 40%에 가까워지며, 보행 시 정상 비율에 가까운 수치를 보였다. 다변량 검정 결과, 운동의 적용 기간에 따른 흔들기 비율은 유의한 차이극 보였다( $p < .05$ ). 하지만 손상측과 비손상측의 흔들기 비율을 비교해 보면 운동 기간 및 손상유무(sides)에 따른 상호작용은 나타나지 않았다. 운동 기간에 대한 대응별 비교 결과, 운동전 보다 2주 후 및 운동 4주 후에 흔들기 비율이 증가하였고, 통계학적으로도 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ). 또한 손상측과 비손상측의 흔들기 비율에 대한 개체 간 효과 검정에서 통계학적으로 유의한 차이를 보였다( $p < .05$ )(Table 15-18).

Table 15. Descriptive statistics of swing phase rate according to treatment period (unit : %)

Gait parameters		Pre	2week	4week
Swing	affected	36.46±1.20	38.02±1.49	38.53±1.71
phase	non-affected	37.10±1.07	38.37±1.41	39.02±1.67

(Mean±SD)

Table 16. Multivariate on swing phase rate according to treatment period

	Value	<i>F</i>	Hypothesis df	Error df	<i>P</i>
Period	0.62	69.87	2	83	0.00*
Period sides	0.01	0.43	2	83	0.64

\**p*<0.05

Table 17. Test of pairwise comparisons on swing phase rate in CAI according to treatment period

Period		<i>SE</i>	<i>MD</i>	<i>P</i>
Pre	2weeks	0.15	-1.41	0.00*
	4weeks	0.19	-1.99	0.00*
2weeks	Pre	0.15	1.41	0.00*
	4weeks	0.19	-0.58	0.04*
4weeks	Pre	0.19	1.99	0.00*
	2weeks	0.19	0.58	0.04*

\**p*<0.05

Table 18. Test of between-subjects effects on swing phase rate according to treatment period

	Type III SS	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Sides	15.62	1	15.62	4.53	0.03*
Error	289.75	84	3.44		

\**p*<0.05

#### IV. 고찰

본 연구는 신체의 일상생활활동에 시 가장 빈번하게 손상되는 다리 관절 중 하나인 발목에 대한 연구이다. YBT는 발목 가동성 및 정적·동적인 자세의 안정성 및 기능성 평가 등 다양한 부분에서 사용되며(Kinzey와 Armstrong, 1998; Wortmann과 Docherty, 2013), 발목에서의 부상 위험도를 예측하는 데 있어 높은 신뢰도를 가진 검사방법 이다(고주필, 2017; Shaun 등, 2018).

본 연구는 YBT를 수정한 Y-balance 운동 방법이 평가 및 증재에 다양하게 적용이 가능한 방법인지에 대한 연구로써 가치가 있을 것이라 생각되며, 안정성 및 기능적 부분에 대한 부분에 대해 알아보기 위해 실험 연구를 시작 하였다. 이와같은 Y-balance 운동이 CAI에 효과적일 것이라 생각되어 운동 적용 기간에 따른 보행 변수에 미치는 영향 및 변화에 대해 알아보하고자 하였다.

앞선 연구들을 보면 엉덩관절 및 무릎관절에서의 신장성 수축에 의한 운동 능력과 발목의 안정성은 보행 시 완성도 높은 보행의 주기를 만들어 내는데 중요한 역할을 하며, 다리 관절들의 굽힘 시 큰볼기근, 중간 볼기근, 종아리근(calf muscle), 넙다리 네 갈래근에서 근육 섬유 길이와 근력의 변화가 보행 변수 중 걸음거리의 질적 변화와 큰 관련을 보인다고 하였다(Lim 등, 2017). 그리고 발바닥을 지면에 내려놓고 시행되는 엉덩관절과 무릎

관절의 굽힘으로 시작되는 움직임은 관절의 가동성을 높여주며(Overmoyer와 Reiser, 2015), 이는 가동성 향상을 통해 보행 변수 중 걸음거리의 증가를 가져오게 된다(Schulz, 2007). 또한 한 발로 서기 시 지지면의 조절을 통한 균형 운동들은 앞정강근 및 긴종아리근의 근육 활성도의 증가를 가져와 발목의 안정성을 향상 시키게 된다(김영민, 2014; Conceição 등, 2016).

Geerse 등(2015)의 선행된 연구들을 보면, 보행 시 속도의 증가에 따라 보행 변수 중 걸음거리는 증가하고, 걸음 시간은 감소된다고 하였다. 발목의 동적인 안정성의 향상은 보행 시 속도의 증가를 가져오게 되며, 이로 인한 걸음거리의 향상과 걸음시간의 감소로 이어지게 된다고 하였다(Kibushi, 2018). 그리고 보행 변수 중 걸음거리의 향상과 다리 관절들의 가동성 향상에 영향을 미치는 근육들의 신장성 수축에 의한 운동 능력의 향상을 일으키는 운동 중재의 적용은 발목의 안정성 향상에 도움을 줄 수 있는 것으로 생각된다. 선행 연구들의 이와 같은 결과들은 Y-balance 운동의 적용이 다리 근육들에 대한 신장성 수축 운동 능력의 향상을 가져오고, 이는 엉덩관절의 가동성 향상 및 무릎과 발목 관절의 추가적인 기능적 향상을 통해 보행 시 보행 변수들의 긍정적인 변화에 영향을 미칠 것으로 생각된다. 앞으로의 연구들은 보행 시 속도와 신체의 균형에 대한 긍정적인 변화들에 어떠한 보행 변수들의 특징적 변화들이 보행에 미치는 영향에 대한 다양한 연구들이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

보행 시 볼 수 있는 보행주기는 약 60%의 디딤기와 약 40%의 흔들기로 나뉘고, 이를 보행 시 정상적인 비율에 대한 지표로 사용되고 있다(Neumann, 2010). 본 연구에서 보행주기 동안 디딤기 비율에서 손상측과 비손상측의 범위에서 유의한 감소를 보였으며, 흔들기 비율에서 손상측과 비손상측의 범위에서 유의한 증가를 보였다. 이는 보행 시 디딤기와 흔들기의 비율이 정상범위에 가까워지는 경향을 보이는 것을 볼 수 있었다. 이와 같이 Y-balance 운동의 적용은 손상측과 비손상측 다리 모두에서 가동성을 향상 시켰으며, 발목 안정성 향상에 중요하게 작용한 것으로 생각된다.

선행된 Cao 등(2019)의 연구를 보면 CAI가 있는 사람들의 경우 발목관절의 뺨 등과 같은 부상이 발생되지 않은 경우에도 발목관절의 바깥쪽 측면에 위치한 인대의 형태가 변화되는 이상이 확인되기도 하였으며, 디딤기와 같은 동적인 부분에서의 발목관절 불안정성을 가진 움직임도 더욱 높게 나타나는 것으로 확인되었다. CAI를 가진 사람들의 발목관절 불안정성에 대한 치료에는 반드시 발목관절에 대한 안정화가 선행되어야 한다고 하였다.

Chinn 등(2014)은 발목 불안정성에 대한 테이핑(taping) 중재가 보행주기에서 디딤기 비율이 51%에서 61%로 증가 되고, 흔들기는 감소 되는 것을 확인하였다. 발목에 대한 테이핑 중재는 관절주변의 기계적 수용기의 자극을 통해 관절 가동성에 대한 긍정적인 변화를 가져온다. 또한 최대 가동 범위에 대한 제한을 유발하여 2차적인 손상을 예방하기도 한다. 이와 같은 테이핑의 적용은 관절의 안정성 증가와 발목관절 뺨의 위험도를 감소시키는 데 기여한다고 한다. 본 연구에서 치료적 목적을 위한 운동 중재의 적용은 발목에 대한 안정성 및 가동성과 같은 기능적 향상에 도움을 주며, 보행 시 발목관절의 중립을 유지하는 기능을 향상시켜 후기 흔들기 및 디딤기 초기 닿기, 부하 반응기에서의 속도가 증가되는 데 영향을 미치게 된 것으로 생각된다. 이는 보행 시 디딤기 비율을 감소시키고, 흔들기 비율을 증가시킨 것으로 생각된다. 운동 중재를 적용 시킨 본 연구와 발목관절에 테이핑을 적용했던 선행 연구를 비교해 보면 디딤기 비율에서 서로 다른 결과를 보였다. CAI를 가진 대상자들에 대한 운동 중재를 적용한 본 연구에서는 디딤기에서의 비율이 정상범위에 근접하게 감소하였으며, CAI를 가진 대상자들에 대한 테이핑 중재를 적용한 선행 연구에서는 짧았던 디딤기 비율이 정상 범위에 근접하게 증가한 것을 확인 하였다(Chinn 등, 2014). 물론 두 연구의 목적과 대상자에 대한 차이점이 다르다는 것을 고려해야 할 것으로 생각되며, 두 연구의 결과를 종합해 보았을 때 대상자에 대한 디딤기 비율의 감소와 증가에 대한 목적의 다름에 따라 운동 및 테이핑 중재에 대한 적절한 적용 및 고려사항을 본 연구를 통해 제시할 수 있을 것으로 생각된다.

Sawkins 등(2007)의 선행 연구에서 CAI이 있는 대상자들의 선정을 위해 CAIT를 사용하였으며, 점수의 증가는

발목의 안정성이 향상된 것을 의미한다(Hiller 등, 2006). 선행된 Cruz-Diaz 등(2017)의 연구를 보면, 균형 운동의 적용이 CAI을 가진 대상자들의 CAIT 점수가 향상되었다.

본 연구의 결과를 보면 발목관절의 안정성과 다리 관절들의 가동성 향상을 위한 치료적 운동 중재는 CAI의 개선에 효과적이었으며, 이는 운동을 치료적 목적으로 적용했던 선행된 연구들과 같이 긍정적인 결과를 보였다. 이와 같이 발목관절의 안정성과 다리 관절의 전반적인 가동성 향상을 통해 발목의 뻘과 CAI의 예방 및 개선에 긍정적인 효과가 있을 것으로 생각된다. 본 연구는 YBT를 수정한 Y-balance 운동을 CAI에 대한 운동 중재 적용 시 증상의 개선 및 치료를 위한 기능적 향상에 효과가 있다는 것을 확인하였으며, 평가 도구를 치료적 중재 방법으로 적용하였던 부분은 기존의 운동 중재 연구들과의 다른점이라고 생각된다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 본 연구는 CAI이 있는 대상자들에 대해 실험 연구를 진행하였지만, CAI뿐만 아니라 급성 및 아급성 등으로 세분화 하여 연구를 진행하지 못한 부분이 아쉽게 생각된다. 앞으로 이루어질 연구들에서는 발목 불안정성의 정도에 따라 적용한 치료적 운동 중재가 어떤 다른 효과를 가져오는지에 대한 다양한 연구도 필요할 것으로 생각된다. 두 번째, 본 연구는 대조군 없이 연구가 진행되었다. 다른 치료적 운동이나 중재를 적용한 대조군이 없이 진행된 연구였기 때문에 Y-balance 운동의 효과 정도를 가늠하기에는 다소 미흡했던 부분이라 생각된다. 따라서 앞으로의 연구들에서는 이와 같은 내용들이 개선된 다양한 설계와 운동들이 적용된 연구가 이루어지면 좋을 것으로 생각된다.

## V. 결 론

치료적 운동 중재 기간의 증가될수록 보행 변수 중 걸음거리의 유의한 증가가 있었고, 걸음시간의 유의한 감소가 있었다. 운동 기간에 따른 걸음거리와 걸음시간은 통계에서 유의미한 차이를 보였으나 손상측 및 비손상측의 걸음거리 비교 시 치료적 운동 중재 기간과 손상유무에 대한 상호작용이 확인되지 않았다.

치료적 운동 기간의 증가는 디딤기 비율의 감소와 흔들기 비율의 증가를 보였다. 치료적 운동 적용 기간에 따라 디딤기와 흔들기의 비율이 통계에서 유의미한 차이가 있었으며, 손상측 및 비손상측에 대한 디딤기와 흔들기의 비교에서 치료적 운동 적용 기간과 손상유무에 대한 상호작용이 확인되지 않았다.

본 연구를 통해 YBT가 기능성 평가 외에 기능적 향상을 위한 치료적 중재 방법으로 활용될 수 있다는 부분에서의 가능성이 있다는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 근력 및 균형 운동, 안정화 운동, 가동성 향상을 위한 운동, 그리고 근육의 신장성 수축을 이용한 운동 등 다양한 요소들이 포함된 복합적 운동의 적용이 CAI을 가진 대상자들의 발목에 대한 불안정감 해소 및 증상의 감소에 효과적인 운동 중재 방법으로 생각된다. 따라서 앞으로 이루어질 CAI에 대한 치료적 중재 시 신장성 수축 운동 능력의 저하와 가동성 감소가 발견된다면, 본 연구에서 검증한 Y-balance 운동과 같은 요소들이 포함된 운동 중재 적용이 효과적일 것으로 생각된다.

## 참고문헌

고주필. Comparison kinematic patterns between the star excursion balance test and Y-Balance test in elite athletes. 한국운동역학회지 2017;27(3):165-169.

- 김경훈, 조준행, 이성철. 테이핑이 기능적 발목 불안정성이 있는 선수들의 점프 착지 시 하지에 미치는 영향. 한국운동역학회지 2009;19(2):265-272.
- 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. 기능적 발목 불안정성에 대한 안정지지면과 불안정지지면에서의 균형훈련의 효과 비교. 대한정형도수물리치료학회지 2014;20(2):1-7.
- 김윤환, 박수형, 송현승. 중간볼기근 강화운동이 만성 발목염좌 환자의 발목 안정성에 미치는 효과. 대한정형도수치료학회지 2018;24(2): 59-67.
- 김인배, 박태성, 강종호. 성인 여성의 맨발 보행과 운동화 착용 보행 시 주기 비교. 융합정보논문지 2018;8(1):9-14.
- 김주오, 이병희. 뇌졸중 환자에게 하지 근력강화 프로그램이 균형, 보행과 상지 기능에 미치는 효과. 한국콘텐츠학회논문지 2020;20(6):114-123.
- 문세영, 윤민이, 윤세원. 유산소운동과 하지근 강화 운동이 심박수와 호흡수에 미치는 영향. 대한심장호흡물리치료학회지 2014;2(1):15-20.
- 신원정, 오두환, 장석암, 등. 만성 발목 불안정성 요인에 대한 영덩이 강화 운동의 효과. 한국산학기술학회논문지 2016;17(3):276-282.
- 윤진환, 정일규, 김연희. 트레드밀 운동에 의한 MAPK 관련 전사인자의 활성화가 축삭 재생과 탈신경된 가자미근의 비대에 미치는 효과. 운동과학 2010;19(2):105-114.
- 이대훈, 김초인, 신기하, 등. 키네시오 테이프의 장력 차이가 젊은 대학생들의 발목 근력, 관절가동범위 및 균형에 미치는 영향. 대한물리치료과학회지. 2022;29(2):
- 이병훈, 정진규, 김찬규. 편마비 환자의 후방보행훈련이 보행능력과 족저압에 미치는 영향. 한국산학기술학회논문지 2014;15(12):7259-7265.
- 이은상, 이승원. 만성 발목 불안정성 환자들에 대한 샌들과 균형 융합 운동이 정적균형 및 고유수용성감각에 미치는 효과. 한국융합학회논문지 2018;9(9):143-148.
- 이진환, 이재홍, 권원안, 등. 발목관절의 근력 강화 훈련과 정적 근육 신장 훈련이 뇌졸중 환자의 족저압 및 보행에 미치는 영향. 한국산학기술학회논문지 2012;13(3):1153-1160.
- 유요한, 한진태. 뇌졸중 환자의 탄력-비탄력 발목 테이핑 적용이 자세균형과 보행능력에 미치는 일시적 효과. 대한물리치료과학회지. 2023;30(1):52-61.
- 정민호, 김경현, 김예진, 등. 바로 누운 자세에서 우세측 팔 등척성 수축이 정상 성인의 비우세측 다리 근활성도에 미치는 영향. 한국산학기술학회 학술대회. 2014;2014:664-666.
- 정상모, 이재남, 전재형, 등. 급성 발목 염좌에 대한 족관절의 관절가동술이 보행과 고관절 근력에 미치는 영향. 대한정형도수물리치료학회지 2018;24(1):39-46.
- 조성현, 최기복. 트레드밀 운동이 뇌졸중 환자의 폐기능과 보행능력에 미치는 효과: 메타분석. 대한통합의학회지 2020;8(2):169-185.
- 최진승, 강동원, 방운환, 등. 젊은 성인의 평지 및 트레드밀 보행 시 *Stride Time*의 변화성. 체육과학연구 2011;22(1):1701-1707.
- 한진태. 정적 서기 동안 한쪽 또는 양쪽 발목관절 고정이 자세균형에 미치는 영향. 대한물리치료과학회지. 2022;29(3):56-62.
- 한준호, 이효정. 불안정 지지면과 안정 지지면에서의 발목균형훈련이 비만중년여성의 고유수용성감각, 균형 및

근력에 미치는 영향. 대한통합의학회지 2018;6(3):59-71.

- Beynon BD, Murphy DF, Alosa DM. Predictive factors for lateral ankle sprains: a literature review. *Journal of Athletic Training*. 2002;37(4):376-380.
- Boruta PM, Bishop JO, Braly WG et al. Acute ankle ligament injuries; a literature review. *Foot Ankle*. 1990;11:107-113.
- Cao S, Wang C, Zhan, G. et al. In vivo kinematics of functional ankle instability patients during the stance phase of walking. *Gait & Posture*. 2019;73:262-268.
- Chinn L, Dicharry J, Hart JM. et al. Gait Kinematics After Taping in Participants With Chronic Ankle Instability. *Journal of Athletic Training*. 2014;49(3):322-330.
- Conceição JS, Schaefer de Araújo FG, Santos GM. et al. Changes in Postural Control After a Ball-Kicking Balance Exercise in Individuals With Chronic Ankle Instability. *Journal of Athletic Training*. 2016;51(6):480-490.
- Cruz-Diaz D, Lomas-Vega R, Osuna-Pérez M. et al. Effects of 6 Weeks of Balance Training on Chronic Ankle Instability in Athletes: A Randomized Controlled Trial. *International Journal of Sports Medicine*. 2015;36(9):754-760.
- Drewes LK, Mckeon PO, Casey KD. et al. Dorsi flexion deficit during jogging with chronic ankle instability. *Sports Medicine*. 2009;6(12):685-687.
- Gerber JP, Williams GN, Scoville CR. et al. Persistent disability associated with ankle sprains: A prospective examination of an athletic population. *Foot & Ankle International*. 1998;19(10):653-660.
- Golanó P, Vega J, de Leeuw PA. et al. Anatomy of the ankle ligaments: a pictorial essay. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2010;18(5):557-569.
- Geerse DJ, Coolen BH, Roerdink M. Kinematic Validation of a Multi-Kinect v2 Instrumented 10-Meter Walkway for Quantitative Gait Assessments. *PLOS ONE*, 2015;10(10).
- Han J, Anson J, Waddington G. et al. The role of ankle proprioception for balance control in relation to sports performance and injury. *BioMed Research International*. 2015;2015:1-8.
- Hertel J. Functional instability following lateral ankle sprain. *Sports Medicine*. 2000;29(5):361-371.
- Hertel J. Functional anatomy, pathomechanics, and pathophysiology of lateral ankle instability. *Journal of Athletic Training*. 2002;37(4):364-375.
- Hertel J, Braham RA, Hale SA. et al. Simplifying the star excursion balance test: Analyses of subjects with and without chronic ankle instability. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2006;36(3):131-137.
- Hiller CE, Refshauge KM, Bundy AC. 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.
- Hubbard TJ, Hertel J. Mechanical contributions to chronic lateral ankle instability. *Sports Medicine*. 2006;36(3):263-277.
- Ken VA, Athol T, Angus B. Reliability and validity of the Zebris FDM-THQ instrumented treadmill during running trials. *Sports Biomech*. 2019;18(5):501-514.
- Kibushi B, Moritani T, ouzaki M. Local dynamic stability in temporal pattern of intersegmental coordination during various stride time and stride length combinations. *Experimental Brain Research*. 2018;237(1):257-271.
- Kim K, Cha YJ, Fell DW. The effect of contralateral training: Influence of unilateral isokinetic exercise on one-legged standing balance of the contralateral lower extremity in adults. *Gait & Posture*. 2011;34(1):103-106.

- Kinzey SJ, Armstrong CW. The reliability of the star excursion test in assessing dynamic balance. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 1998;27(5):356-360.
- Koldenhoven RM, Hart J, Saliba S. et al. Gait kinematics & kinetics at three walking speeds in individuals with chronic ankle instability and ankle sprain copers. *Gait & Posture*. 2019;74:169-175.
- Lee E, Cho J, Lee S. Short-Foot Exercise Promotes Quantitative Somatosensory Function in Ankle Instability: A Randomized Controlled Trial. *Medical Science Monitor*. 2019;25:618-626.
- Lim YP, Lin YC, Pandy MG. Effects of step length and step frequency on lower-limb muscle function in human gait. *Journal of Biomechanics*. 2017;57:1-7.
- Meyer C, Killeen T, Easthope CS. et al. Familiarization with treadmill walking: How much is enough? *Scientific Reports*. 2019;9(1).
- Neumann DA. *Kinesiology of the Musculoskeletal System*. Mosby. 2010.
- Overmoyer GV, Reiser RF. Relationships between lower-extremity flexibility, asymmetries, and the Y balance test. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2015;29(5):1240-1247.
- Perry, J. *Gait analysis : Normal and pathological function*. Slack. 2010.
- 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*. 2009;4(2):92-99.
- Sawkins K, Refshauge K, Kilbreath S. et al. The Placebo Effect of Ankle Taping in Ankle Instability. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2007;39(5):781-790.
- Schulz BW, Ashton-Miller JA, Alexander NB. Maximum Step Length: Relationships to age and knee and hip extensor capacities. *Clinical Biomechanics*. 2007;22(6):689-696.
- Shaun R, Lauren P, Keun-ok A. et al. Comparison between the Modified Star Excursion Balance Test and the Traditional Star Excursion Balance Test in Recreational Athletes. *The Asian Journal of Kinesiology*. 2018;20(3):19-23.
- Stiffler MR, Bell DR, Sanfilippo JL. et al. Star excursion balance test anterior asymmetry associated with injury status in division I collegiate athletes. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2017;47(5):339-346.
- Van Hooren B, Peake JM. Do We Need a Cool-Down After Exercise? A Narrative Review of the Psychophysiological Effects and the Effects on Performance, Injuries and the Long-Term Adaptive Response. *Sports Medicine*. 2018;48(7):1575-1595.
- Van Mechelen W, Hlobil H, Kemper HC. G. et al. Prevention of running injuries by warm-up, cool-down, and stretching exercises. *The American Journal of Sports Medicine*. 1993;21(5):711-719.
- Verhagen EA, Mechelen W, de Vente W. The Effect of preventive Measures on the Incidence of Ankle Sprains. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2000;10(4):291-296.
- Wortmann MA, Docherty CL. Effect of balance training on postural stability in subjects with chronic ankle instability. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2013;22(2):143-149.
-

## 부록 1. 발목 불안정성 도구

발목 불안정성 도구(Cumberland Ankle Instability Tool, CAIT)

1. 자신의 발목에 통증이 / 전혀 없다.	5
운동하는 동안 있다.	4
편평하지 않는 곳을 달릴 때 있다.	3
편평한 곳을 달릴 때 있다.	2
편평하지 않는 곳을 걸을 때 있다.	1
편평한 곳을 걸을 때 있다.	0
2. 자신의 발목이 불안정하다고 느끼는 때는 / 전혀 없다.	4
운동하는 도중 가끔(매 번은 아님) 있다.	3
운동하는 도중 자주(매 번) 있다.	2
일상 생활에서 가끔 있다.	1
일상 생활에서 자주 있다.	0
3. 갑자기 방향전환을 할 때 자신의 발목이 불안정하다고 느낀 경험이 / 전혀 없다.	3
뛰고 있을 때 가끔 있다.	2
뛰고 있을 때 자주 있다.	1
걸고 있을 때 있다.	0
4. 계단을 내려갈 때 자신의 발목이 불안정하다고 느낀 경험이 / 전혀 없다.	3
빠르게 내려갈 때 있다.	2
자주 있다.	1
항상 있다.	0
5. 한발로 서있을 때 자신의 발목이 불안정하다고 느낀 경험이 / 전혀 없다.	2
내 발이 공중에 있을 때 느낀 경험이 있다.	1
편평한 곳에 있을 때 느낀 경험이 있다.	0
6. 자신의 발목이 불안정하다고 느끼는 때는 / 전혀 없다.	3
옆에서 옆으로 경증 썰 때(side to side) 느낀다.	2
특정한 지점으로 경증 썰 때 느낀다.	1
점프 할 때 느낀다.	0
7. 자신의 발목이 불안정하다고 느끼는 때는 / 전혀 없다.	4
편평하지 않는 곳을 달릴 때(run) 느낀다.	3
편평하지 않는 곳을 느리게 달릴 때(jog) 느낀다.	2
편평하지 않는 곳을 걸을 때 느낀다.	1
편평한 곳을 걸을 때 느낀다.	0
8. 발목이 뒤집히려 할 때 자신은 그것을 / 즉시 멈출 수 있다.	4
자주 멈출 수 있다.	3
가끔 멈출 수 있다.	2
멈출 수 없다.	1
뒤집히려는 경향이 없다.	0
9. 발목이 뒤집힌 후에 자신의 발목이 정상으로 돌아오기까지는 / 거의 즉시 그렇게 된다.	4
하루 안쪽으로 그렇게 된다.	3
1~2일 정도면 그렇게 된다.	2
2일 이상 이면 그렇게 된다.	1
발목이 뒤집힌 적이 결코 없다.	0
총 점	