

상상운동이 기능적 발목관절 불안정성 환자의 하퇴 근육 근수축 개시시간 및 발목손상 척도에 미치는 영향



The Journal of Korean Society of Physical Therapy

- 임형원
- 한서대학교 대학원 물리치료학과

The Effect of Motor Imagery on Onset Time of Leg Muscle and Ankle Injury Score of Patients with Functional Ankle Instability

Hyoung-Won Lim, PT, MS

Department of Physical Therapy, The Graduate School, Hanseo University

Purpose: The purpose of this study was to investigate the effect of motor imagery on the onset time of the leg muscle and ankle injury score of patients with functional ankle instability.

Methods: The study included 16 patients with ankle instability after their ankle sprains. Motor imagery was performed 3 times a week for 4 weeks. The onset time of leg muscles was measured by using the surface EMG in one leg standing position on tibialis anterior, peroneus longus and medial, lateral gastrocnemius. The pre- and post-intervention was measured by using the ankle injury score. Data was analyzed by a paired t-test.

Results: The onset time was reduced but there was no significant difference ($p>0.05$). The order of muscle recruitment was changed. Ankle injury score increased significantly after motor imagery ($p<0.05$).

Conclusion: The results suggest that motor imagery was effective by showing delayed onset time of peroneal muscle in patients with functional ankle instability. In future studies, various conditions and disorders should all be considered for the effective analysis of motor imagery.

Keywords: Motor imagery, Onset time, Ankle Injury Score, Functional ankle instability

논문접수일: 2011년 11월 24일

수정접수일: 2012년 2월 2일

게재승인일: 2012년 2월 7일

교신저자: 임형원, movt12@hanmail.net

1. 서론

기능적 발목관절 불안정성(Functional Ankle Instability, FAI)은 발목 염좌 이후에 발생하는 후유증으로써 통증과 함께 발목 휘청거림(giving way) 등의 반복적인 손상이 나타나는 것으로 기능적 문제가 있다고 하였다.¹ 또한 기능적 발목관절 불안정성은 구조적인 불안정성과 관계없이 반복적인 발목 염좌 및 고강도의 지면 운동을 할 때 느껴지는 발목관절의 위약감을 나타내는 경우로, 운동선수들에게 고질적이고 만성적인 문제를 야기한다.² Tropp³ 등은 발목관절 염좌 후 재손상과 기능적 불안정성이 손상 환자의 33~42%에서 발생하며, 반복적인 염좌는 초

기 손상으로 인한 발목관절 주위 조직의 변형된 근육 반사와 고유수용성 감각의 결손 때문이라고 보고하고 있다.⁴ 이러한 발목관절 염좌로 인한 인대 손상의 결과로 신경근 장애(neuromuscular deficit)가 발생하는데, 이것은 발목관절의 평형능력을 감소시키고 관절의 자세감각을 감소시켜 내반(inversion)에 대한 비골근(peroneal muscle)의 반응시간을 감소시킨다.⁵ 편측의 족관절 불안정성을 보이는 축구 선수들에게 있어서 환측의 비골근 수축 반응시간이 지연되었다고 보고하였다.⁶ 또한 만성적 기능적 발목관절 기능불안을 가진 대상자들을 대상으로 6주간의 발목 원판(ankle disc) 훈련 후, 갑작스런 내반 모멘트 유도 시 비골근의 반응시간이 의미 있게 단축됨을 보고하였다.⁷

이러한 발목관절 외측부 염좌는 발목의 내·외측 안정성에 영향을 줄 수 있고 부족한 내·외측 안정성은 전·후 안정성에도 관련되어 하퇴의 내·외측부, 전·후측부 근육의 근활성도에 영향을 미칠 수 있다.⁸ 발목원판(ankle disc)을 이용한 대부분의 연구는 고유수용감각(proprioception)과 균형(balance), 근육의 반응시간(reaction time) 등의 측정 위주로 이루어졌다.^{9,10} 많은 연구자들이 발목의 재활운동 프로그램으로 발목원판 훈련을 제시하고 있으며, 이것은 발목의 정적, 동적 안정성에 영향을 미친다고 보고하였다.¹¹⁻¹³ 따라서 본 연구에서는 발목원판과 유사한 에어쿠션 위에서 발목운동에 대한 상상운동을 실시하였다.

최근 중추신경계 재활 등에서 상상운동(motor imagery)을 이용한 중재효과에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.¹⁴ 실제 운동을 하지 않고도 운동기술을 증진시키려는 것을 심상(mental imagery)이라고 한다. 현재 심상은 정신적인 시연(mental rehearsal), 정신적인 연습(mental practice) 등은 같은 개념으로 사용되고 있다. 이러한 상상운동(motor imagery)은 신체적 훈련을 정상적으로 할 수 없는 상황에서 운동기술을 향상시키기 위한 하나의 대안이 될 수 있다. 예를 들어 기상이 안 좋거나, 부상 시, 장비와 기술수준의 차이 등의 다양한 이유로 정상적으로 신체적 훈련에 참여하지 못하는 상황에서 심상을 통해 연습을 할 수 있다.¹⁵ 상상운동은 근력 증진 혹은 운동 수행능력 향상을 위한 방법으로 오래전부터 사용되어왔으며, 환자의 자발적인 참여를 유도할 수 있으므로 장기간 재활 훈련을 받아야 하는 환자들에게 더욱 효과적으로 사용될 수 있는 치료도구로 그 가능성을 인정받고 있다.¹⁶ 이처럼 상상운동은 스포츠, 중추신경계 재활 등 다양한 영역에서 활용을 하고 있다. 그러나 주로 균형, 근 활성도 등의 연구가 대부분을 차지하고 있으며, 상상운동을 적용하여 근골격계 질환에 대한 근 수축 개시시간(onset time)을 살펴 본 연구는 거의 없는 실정이다.

이에 본 연구에서는 기능적 발목관절 불안정성을 가진 대상자에게 발목관절과 관련되어 있는 하퇴 근육에 불안정판으로 에어쿠션을 이용하여 발목관절에 고유수용감각 및 발목관절 운동을 상상하는 중재를 적용하였다.

본 연구의 목적은 기능적 발목관절 불안정성을 가진 대상자들에게 4주간 상상운동을 적용하여 각각 전·하퇴 근육 근 수축 개시시간과 발목손상 척도에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 연구목적과 방법에 대하여 충분한 설명을

들은 후 실험 참여에 동의한 A대학 물리치료과 재학생중 일측성 발목 내반 손상 이후 정형외과 전문의로부터 발목염좌 진단을 받았으며, 반복적인 발목 염좌를 경험하고 있고, 만성 통증 및 발목 불안정성을 호소하고 있는 대학생 16명을 대상으로 하였다(Table 1).

Table 1. General characteristics of the subjects

	Male	Female	Total
Gender	3	13	16
Age (yrs)	26.0±1.0*	22.9±3.9	23.4±3.7
Height (cm)	171.3±2.1	160.3±5.0	162.4±6.4
Weight (kg)	72.7±4.2	57.5±8.2	60.4±9.7
Affected side (Rt/Lt)	2/1	6/7	8/8
Duration of illness (mon)	10.7±2.3	28.4±26.1	25.1±24.4

*Mean±SD

대상자들의 선정기준은 과거력상 체중을 지탱하기 어려울 정도의 발목 염좌를 한 번 이상 경험하였던 환자, 일측성발목 내반 손상 후 반복되는 발목손상과 장기간의 기능적 불안정성 및 불편감을 호소하는 환자로 하였다. 배제기준은 최근 3개월 내의 급성 손상이 있거나 수술적 치료를 받았거나 동반된 하지 골절이 있었던 환자 혹은 신경학적 이상이나 파행이 있는 환자들은 제외하였다.

2. 실험방법

1) 측정도구

(1) 표면 근전도

표면 근전도 기기인 NORAXON Telemyo 2400T (NORAXON Inc., Scottsdale, AZ, 미국)를 사용하여 대상자의 하퇴근육 근수축 개시시간을 측정하였다. 피부저항을 감소시키기 위해 전극 부착부 위 털을 제거하고, 가는 사포로 3~4회 문질러 피부 각질층을 제거하였으며, 소독용 알코올로 피부를 닦았다. 전극은 Ag/AgCl 전극을 사용하여 전극간의 거리를 2 cm로 유지하여 근섬유 방향에 평행하게 부착하였다. 근전도 신호의 표본추출률(sampling rate)은 1000 Hz로 설정하였으며, 주파수 대역폭은 20~350 Hz와 노치필터(notch filter) 60 Hz를 사용하였다.

(2) 발목손상척도(Ankle Injury Score)

본 연구에서 사용된 발목손상평가척도는 Park¹⁷ 등에 의해 사용된 것으로 Kaikkonen¹⁸ 등이 발목 손상 및 기능 장애 정도를 평가하기 위해 만든 점수척도를 개정한 것으로 발목손상 척도는 만성 발목 염좌 환자들의 통증 및 기능장애 정도에 대한 정량적 평가를 위해 총 10문항 100점 만점으로 이루어졌으며, 환

자가 주관적으로 느끼는 통증 및 일상생활활동 정도를 40점, 객관적으로 파악되는 발목기능의 정도를 60점으로 하였고, 점수가 낮을수록 발목손상의 정도가 심한 것으로 판단하였다. 주관적으로 평가한 항목은 4가지로서 ① 일상생활에서 느끼는 통증, ② 보행 시 장애의 정도, ③ 달리기할 때 장애의 정도, ④ 스포츠 활동 시 제한의 정도를 문진을 통하여 점수화 하였다. 객관적으로 검사한 항목은 6가지로서 ① 22칸의 계단(가로 140 cm, 세로 27 cm, 높이 17 cm인 계단)을 내려오는 시간, ② 환측 다리로 선 상태에서 중족부 들어올리기의 횟수 측정, ③ 환측 다리로선 상태에서 전족부 들어올리기 횟수 측정, ④ 가로 30 cm, 세로 15 cm, 높이 15 cm의 목판 위에 환측 다리로 서 있게 한 후 균형을 잡고 있는 시간, ⑤ 동일 검사자에 의해 전방 전위 검사를 시행하여 발목관절의 이완정도 측정, ⑥ 배측굴곡을 통한 관절운동 영역을 평가하여 점수화 하였다.

2) 실험 방법

(1) 근전도 전극 부착 위치 및 정규화

환측 전경골근, 비골근, 비복근 내·근 수축 개시시간을 측정하기 위해 기존의 연구들을 참조하여 각 근육의 전극 부착 위치를 결정하였다. 부착위치는 다음과 같다. 전경골근은 슬개골 하단으로부터 가쪽 복사뼈까지 길이의 근위 1/3지점에서 1 cm 멀리, 비골근은 비골두에서 하방 7 cm, 외측 비복근은 비골두와 뒷꿈치 사이의 근위 1/3지점, 내측 비복근은 경골골두에서 뒷꿈치까지 길이의 근위 1/3지점에서 근육의 위치를 확인한 후 근복에 표



Figure 1. The position of electrode attachment.

면전극을 부착하였다. 접지전극(ground electrode)은 슬개골(Patella)에 부착하였다(Figure 1). 근전도 개시시간 분석은 MyoReaseach Master Edition 1.06 XP software (NORAXON Inc., 미국)를 사용하였다. 수집된 근전도 신호를 제곱 평균 제곱근법(root mean square, RMS) 처리하고, 컴퓨터 분석을 이용한 근 수축 개시시간 결정(computer-based onset determination) 방법을 사용하여 움직임의 시작 전 즉, 한 다리 들고 서기 전 시점에서 100 ms 기간의 평균값에 대한 표준편차(standard deviation, SD)를 구하여 3SD를 25 ms 이상 연속으로 초과하는 지점을 개시시간으로 정의하였다.¹⁸

(2) 실험과정

일명 토구라고 부르는 불안정한 에어쿠션(Dynair® ball cushion Deko, 독일) 위에서 서기, 뒷꿈치 들기, 발가락 들기, 발가락 구부리지 않고 발의 아취 만들기, 한 다리로 서 있기로 구성된 상상운동 프로그램을 시행하여 1회기마다 각각 3 set 총 18분씩 주 3회, 4주간 12회를 실시하였다.

(3) 측정방법

대상자들의 손상측 하퇴에 표면전극을 부착하고 대상자에게 다음과 같이 시범과 함께 실험에 대한 내용을 숙지시킨 후 실시하였다. 전방을 주시하고 선 자세에서 근전도의 비프 음(beeper)이 울리면 건측 다리를 들도록 하였다. 이때 들고 있는 다리의 고관절, 슬관절이 90° 굴곡, 그리고 발목관절은 중립이 되도록 하였다. 5초 간 들고 있게 한 후 연구자의 스톱이란 지시가 있을 때 다리를 내리도록 하였다. 사전 연습을 3회 실시한 후 측정을 시작하였다. 4주간의 상상운동 후 위와 동일한 방법으로 측정하였다.

3. 상상운동 프로그램

본 상상운동 프로그램은 A대학 운동 분석실에서 대상자 그룹에게 연구자의 지시 하에 다음과 같이 실시하였다.

편안히 의자에 앉아 눈을 감으십시오. 이제부터 발목관절 상상운동을 하겠습니다. 중간 중간 질문에 대해서는 “예 또는 아니요”로 대답해 주시면 됩니다.

○○○님은 지금 불안정한 에어쿠션(하 토구) 위에서 있습니다. 흔들리는 토구 위에서 균형을 잘 잡고 있습니까? (“예 또는 아니요”). 이것은 각각의 운동 후 반복하여 질문한다.

그럼 지금부터 토구 위에서 뒷꿈치 들기를 상상하겠습니다. “하나, 둘 ~ 열.” 잘 하셨습니다. 숨을 천천히 들이신 후 천천히 내쉬어 보세요. 한 번 더 숨을 천천히 들이신 후 내쉬어 보겠습니다.

이제 토구 위에서 발가락 들기를 상상하겠습니다. “하나, 둘

~열.” 잘 하셨습니다. 숨을 천천히 들이쉬 후 천천히 내쉬어 보세요. 한번 더 숨을 천천히 들이쉬 후 내 쉬어 보겠습니다.

다음은 토구 위에서 발가락을 구부리지 않고 발의 아치 만들기를 상상하겠습니다. 준비되었나요? (“예 또는 아니요”), “하나, 둘 ~열.” 잘 하셨습니다. 숨을 천천히 들이쉬 후 천천히 내쉬어 보세요. 한 번 더 숨을 천천히 들이쉬 후 내 쉬어 보겠습니다.

다음은 토구 위에서 한 다리로 서는 상상을 하겠습니다. 먼저 당신의 오른쪽 발을 불안정한 토구의 가운데 놓고 왼쪽 발은 바닥에 내려놓습니다. 시작하는 호명과 함께 오른쪽 발로 토구 위에 올라서서 5초간 유지하겠습니다. 준비되었나요? (“예 또는 아니요”). 시작!! “하나, 둘 ~열.” 잘 하셨습니다. 양 발을 토구에서 내려와 편평한 바닥에 서 있습니다.

마지막으로 당신의 왼쪽 발을 불안정한 토구의 가운데 놓고 오른쪽 발은 바닥에 있습니다. 시작하는 호명과 함께 왼쪽 발로 토구 위에 올라서서 균형을 잡고 5초간 유지 하겠습니다. 준비되었나요? (“예 또는 아니요”). 시작!! “하나, 둘 ~열.” 잘 하셨습니다. 양 발을 토구 위에서 내려와 편평한 바닥에 서 있습니다. 편평한 바닥에 잘 서 있습니까? (“예 또는 아니요”).

상상운동의 소요시간은 총 18분으로 위와 같은 방법으로 불안정판 위에서 6가지의 운동을 수행하였다.

4. 분석 방법

본 연구에서는 상상운동 전·후 하퇴 근육의 근 수축 개시시간, 발목손상 척도 점수를 비교하기 위해서 짝 비교 t-검정(Paired t-test)을 이용하였다. 통계학적 유의수준을 검정하기 위해 $\alpha = 0.05$ 로 하였고, 자료의 통계처리를 위해 상용 프로그램인 윈도 응용 SPSS version 18.0을 이용하였다.

III. 결과

1. 상상운동 전·후 근 수축 개시시간 비교

상상운동 전·후의 근 수축 개시시간 비교에서는 중재 후 근

Table 2. The comparison of onset time between pre and post exercises

Onset time	Pre-exercise	Post-exercise	t	p
TA (ms)	0.79±0.52*	0.65±.39	0.82	0.42
PL (ms)	0.86±0.22	0.76±.20	1.59	0.13
LGCM (ms)	0.87±0.30	0.83±.23	0.72	0.48
MGCM (ms)	0.75±0.34	0.82±.29	-0.51	0.61

*Mean±SD

TA: Tibialis anterior, PL: Peroneus longus,

LGCM: lateral Gastrocnemius, MGCM: medial Gastrocnemius

수축 개시 시간이 전경골근에서 운동 전 0.79초에서 운동 후 0.65초, 비골근에서 0.86초에서 0.76초, 외측 비복근에서 0.87초에서 0.83초로 단축되었으며, 내측 비복근은 0.75초에서 0.82초로 지연되었다. 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$) (Table 2). 그러나 근육의 동원 순서에 변화가 있었다. 상상운동 전 근육의 평균 개시시간은 내측 비복근, 전경골근, 외측 비복근, 비골근 순이었으나, 상상운동 후에는 전경골근, 비골근, 내측 비복근, 외측 비복근 순서의 결과를 나타냈다(Figure 2).

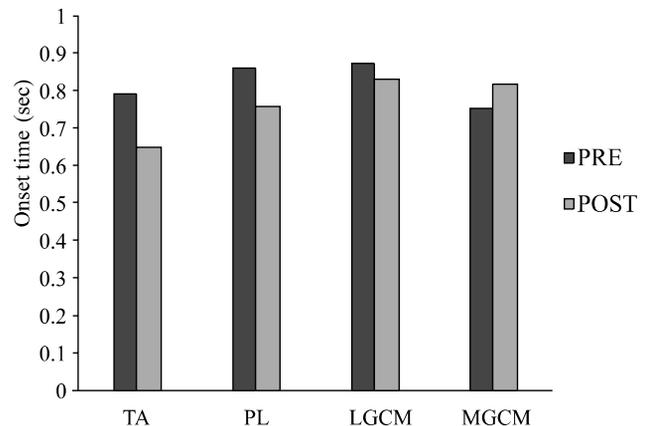


Figure 2. The order of muscle recruitment.

2. 운동 전·후의 발목손상 척도 점수 비교

상상운동 전·후의 발목손상 척도 평균 점수 변화를 비교한 결과 61점에서 73점으로 평균 12점 증가하였으며, 통계적으로 유의하게 증가하였다($p < 0.05$) (Table 3).

Table 3. The comparison of ankle injury score between pre and post exercises

	Pre-exercise	Post-exercise	t	p
Ankle Injury Score	60.94±11.23	72.88±14.27	-5.26	0.00*

* $p < 0.05$

IV. 고찰

본 연구는 기능적 발목관절 불안정성을 가진 대상자에게 상상운동을 4주간 적용하여 하퇴 근육의 근수축 개시시간과 발목손상점수 척도에 미치는 영향에 대하여 알아보고자 수행하였다. 본 연구에서는 반복적인 발목관절 내반 염좌의 과거력이 있으나 발목관절의 해부학적, 기계적 손상이 없고 만성적인 위약감을 호소하는 기능적 발목관절 불안정성이 있는 환자들을 대상으로 하였다. Freemann 등이 최초로 외측 발목염좌 환자의 높

은 재발률은 발목 염좌 이후의 고유 수용 감각 결핍 때문이라고 제안한 후 기계적 불안정성이 기능적 불안정성을 야기시킨다는 여러 이학적 혹은 방사선적 증거들이 발견되었다.²⁰ 또한 Konradson과 Ravn⁷은 비골신경의 기능이나 강도의 감소 및 비골근 수축의 지연 등이 발목관절 기능의 불안정에 기여한다고 보고하였다.

상상 운동 프로그램은 도구 위에서 가상으로 발목관절 배측 굴곡의 주동근인 전경골근의 활성화를 위해 발가락 들기, 저측 굴곡의 주동근인 비복근의 활성화를 위해 뒷꿈치 들기, 발가락을 구부리지 않고 발의 아치 만들기(short foot exercise), 서기, 한 다리로 서기 등으로 구성되었다. 상상연습을 이용한 연구에서는 특정과제를 선정하여 이 과제수행 과정을 구체적으로 상상시키는 방법을 사용하고 있는데, 균형훈련은 훈련장면을 구체적으로 상상할 수 있어 상상연습의 좋은 과제로 추천되고 있다.²¹ 따라서 본 연구에서는 상상운동 프로그램으로 불안정한 도구 위에서 서기, 한 다리로 서기를 실시하였으며, Kwon²² 등은 앉기와 선 자세에서 Short foot 운동시 Toe curl 운동보다 모지 외전근(abductor hallucis muscle)의 근활성도가 증가함을 보고 하였고, 이러한 모지 외전근은 선 자세에서 내측종아치와 회내 조절에 중요한 역할을 한다고 하였다. 이에 본 연구에서는 상상운동 프로그램으로 short foot 운동을 적용하였다. 상상운동은 운동선수들의 움직임 기술 및 수행 능력을 향상시키고 운동학습을 촉진시키기 위하여 많이 사용되어 왔으나, 최근에는 뇌졸중과 같이 운동 장애를 가지고 있는 환자들의 재활에 사용되고 있다.²³ 상상운동이 운동기능 향상에 미치는 효과를 설명하는 이론에는 심리 신경 근육학적 이론과 상징적 학습이론이 있다. 심리 신경근육학적 이론은 실시할 과제를 상상으로 연습해 보는 것이 동작수행을 위해 필요한 신경경로를 강화시켜 동작수행을 정확하게 유도한다는 가설이며, 상징적 학습이론은 상상으로 과제를 연습함으로써 동작을 미리 계획하고 코드화하여, 실제 동작과 유사하고 자동화된 움직임을 만든다는 가설이다.²¹ 상상운동은 실제 운동에서 사용되는 중추신경계의 활성화에 의하여 신경계와 근육계의 운동을 촉진시킴으로써 운동학습 능력을 향상시키는 것으로 밝혀졌다.²⁴

선행 연구를 살펴보면 Choi와 Lee²⁵은 오른손이 우성 인자의 왼손을 대상으로 연속반응시간 과제를 이용하여 실제훈련과 정신훈련의 효과를 비교한 연구에서 비우성손을 이용한 정신훈련에서 반응시간 단축 및 교차훈련의 효과는 관찰되지 않았다고 하였다. Christakou와 Zervas²⁶는 발목관절 염좌가 있는 운동선수에서 이완과 상상치료가 통증, 부종, 관절가동범위에 미치는 영향을 조사한 연구에서 통증, 부종, 관절가동범위 모두 통계학적으로 유의한 차이가 없었으나, 이완과 상상치료 그룹에서 전체 발목관절의 관절가동범위의 증가와 부종의 감소가

보여졌다. 다른 연구에서는 상상이 전방십자인대 재건술을 한 운동선수의 통증에 긍정적인 효과가 있음을 발견했고, 이들은 상상을 다른 의학적 조건들과 적용되어질 때 통증이 경감되었음을 보고했다.²⁷

또한 Christakou²⁸ 등은 상상운동이 만성적인 발목염좌 2등급을 가진 운동선수에서 근지구력, 동적균형과 기능적인 안정성에 미치는 영향을 조사한 결과 근 지구력에서만 유의한 차이를 나타냈다. 본 연구 결과에서도 선행 연구와 유사하게 상상운동 전·후 발목손상 척도 평균 점수의 증가를 나타냈다. 이러한 발목손상평가 척도는 만성 발목 염좌 환자들의 통증 및 기능장애 정도를 정량적으로 평가하기 위하여 다양한 주관적 항목과 객관적 항목으로 점수 체계를 세분화시켜 고유수 용감과 관련된 발목 기능 및 일상생활동작 수행 정도를 정량적으로 평가하기 쉽게 구성되어 있다.²⁹ Osborne³⁰ 등은 발목관절 염좌 환자에게 발목원판훈련 후 비골근 반응 시간(Peroneal reaction time)이 단축되었다고 보고하였다. 그러나 유사한 불안정성 훈련(instability training)에서는 비골근과 전경골근에서 그룹간 근수축 개시시간의 차이가 없었다고 보고하였다.³¹ Cardoso³² 등은 발목손상 환자에서 상당히 큰 반응시간 지연을 보고하였고, 발목손상이 있는 대상자들에게 손상측과 건측의 장비골근(peroneus longus) 반응시간에서 손상측이 0.4 ms 이상 반응 시간의 지연을 보고하였으며 건강인의 지절과 비교했을 때 3.49 ms 지연을 보고하였다. 이와 같이 발목손상 환자의 근 수축 개시시간을 동일 대상자의 반대측 지절과 비교하는 방법과 다른 건강인의 지절과 비교하는 방법 가운데 메타 분석을 통한 결과 후자인 다른 건강인의 지절과 비교하는 것이 더 신뢰할 수 있다고 보고하였다. 이것은 구심성 정보가 손상측과 비손상측 모두의 신경근 기능에 영향을 주기 때문에 편측 손상 후 양 다리에 신경근 조절 소실이 남아 있기 때문이라고 설명한다. 또한 FAI을 지닌 배구선수와 건강인의 하퇴근육 개시시간 비교에서 건강인은 외측 비복근, 비골근, 그리고 전경골근 순으로 FAI 그룹과 차이가 없었으나, 동원순서에서 FAI그룹은 건강인과 달리 외측비복근과 비골근이 동시 활성화되고, 이어 전경골근이 동원된다고 보고하였다.³³ Schmidt³⁴ 등은 근 수축 개시시간 검사의 신뢰도 평가는 관절각, 근피로, 나이, 지지면의 형태 등에 상당한 영향을 받으나, 건강인의 경우 이런 내·외적인 요인에 비교적 영향을 받지 않으며 나이에 영향을 받는다고 보고하였다. 근육 동원 패턴의 커다란 가변성은 개인간 혹은 개인내 모두의 움직임에서 관찰되며, 이러한 정상적인 가변성은 통증이나 관절 질환이 있을 때 근활성 패턴의 변화와 특별히 개시시간의 변경은 신경근의 문제를 시사한다.³¹

이상의 선행연구를 종합해보면 아직 논란의 여지는 남아 있지만 발목손상 환자들에서 일반적으로 비골근의 근 수축 개시

시간의 지연이 관찰되며, 이러한 대상자들에게 일반적으로 적용하는 불안정성 훈련의 경우 중재 전·후 비골근의 반응시간이 단축되었으며, 무작위 대조군 연구에서는 중재 전·후 비골근의 반응시간 즉, 근수축 개시시간에는 대부분이 변화가 없었다.

본 연구 결과에서는 상상운동 전·후 손상측을 지지하여 한 다리 들고 서기(one leg standing) 시 측정된 하퇴 근육의 근수축 개시시간에는 변화가 없었으나, 하퇴 근육의 동원순서에는 변화가 있었다. 즉, 중재 전 비골근이 가장 늦게 동원되었으나, 중재 후 가장 늦게 동원되었던 비골근이 빨리 동원되었다. 이것은 선행 연구에서 기능적 발목관절 불안정성이 있는 환자들에게서 비골근의 반응시간이 지연되었다는 보고와 일치한다고 볼 수 있다. An²⁰ 등이 외측 발목 염좌 환자의 높은 재발률은 발목 염좌 이후의 고유 수용감각 결핍 때문이라고 하였으며, Kim⁵은 발목관절 염좌로 인하여 발목관절의 평형능력을 감소시키고 관절의 자세각을 감소시켜 내반(inversion)에 대한 비골근(peroneal muscle)의 반응시간을 감소시킨다고 하였다. 또한 Park³⁵ 등은 발목손상 환자에서 내·외반근의 불균형을 보인다고 하였다. 이상을 종합하여 고려해 볼 때 본 연구 결과 상상운동 후 발목손상 점수 척도에서 특별히 객관적인 지표에서 증가를 보인 것은 상상운동이 고유수용감각 및 자세균형조절 기능을 촉진시키는데 도움이 된다고 해석할 수 있을 것이다. 본 연구에서 사용된 근 수축 개시시간은 근전도 비프 음이 제시된 후 근전도 상에서 근육이 수축하는데 걸리는 시간을 의미하는 것으로 이것은 자극을 인지하고 판단하게 되는 뇌와 척수에서 일어나는 중앙 정보 처리과정에 의한 시간적 지연이라 할 수 있다. 이것을 전기역학적 지연(electromechanical delay)이라 하며 동작의 유도나 조절을 할 수 있게 하는 전기역학적 지연은 충분한 운동단위(motor unit)가 근력생성을 위하여 동원되어지기 전에 발생해야 한다.³⁶ 상당한 전기역학적 지연이나 근육동원순서의 변화는 적절한 근육을 순서에 맞게 활성화시키지 못함으로써, 관절과 근육에서 불필요하고 기능적이지 못한 움직임을 유발하게 된다.³⁷ 이것은 특별히 운동선수에서 FAI의 가능한 원인 중 하나로 작용할 수 있다고 하였다. 비골근은 발의 주요한 외반근(evertors)으로 갑작스러운 내반이나 과도한 내반에 대한 안정화 근육으로 작용한다. 따라서 근수축 개시시간의 변화는 근육이 낼 수 있는 힘과 관절 주변구조에 영향을 끼친다고 할 수 있으며, 본 연구 결과에서의 비골근 동원시간의 변화 의미는 발과 발목관절 복합체의 움직임 순서에 맞게 활성화시키어 발목관절에 안정성을 증가시켜 잦은 재발 및 부상을 방지할 수 있을 것으로 생각한다. 과제를 상상으로 연습함으로써 동작수행을 정확하게 유도하며, 동작을 미리 계획하고 코드화하여 자동 움직임을 만들며, 실제 운동에서 사용되는 신경계와 근육계의 운동을 촉진시키어 운동학습능력을 향상시킨다는 상

상운동의 이론을 본 연구결과가 뒷받침하고 있다고 하겠다. 따라서 상상운동은 기능적 발목관절 불안정성을 가진 대상자에게 추천할만한 유용한 중재 방법이라고 할 수 있다. 그러나 본 연구에서는 상상운동 적용과정에서 집중력과 학습자의 협조 여부, 학습자의 기능수준, 상상능력의 개인적인 차이를 고려하지 못하였으며, Dunsky³⁸ 등은 신경계 병변이 있는 환자에게 대한 상상운동은 10분 이내로 하는 것이 좋다고 하였으나, 본 연구에서는 18분으로 근골격계 질환이 있는 대상자들이라도 상상운동을 하기에는 다소 긴 시간으로 상상운동의 효과를 극대화시키는데 제한점으로 작용할 수 있다. 또한 중재기간 대상자들의 일상생활을 통제하지 못하였다.

본 연구 결과 하퇴 근육 근 수축 개시시간의 변화는 없었으나 동원순서의 변화가 있었으며, 발목손상 척도 점수가 유의하게 증가하였다. 작은 표본크기(sample size)로 일반화시키는데 문제가 있으나, 본 연구결과를 토대로 상상운동은 급성기 질환에서 통증이나 부종으로 적극적인 치료를 할 수 없는 경우와 그룹치료 등에서 효과적일 것이라 생각된다. 향후 연구에서는 성별이나 연령 등을 고려한 연구가 필요하며, 다양한 질환에 다양한 조건을 적용하여 상상운동에 대한 효용성을 연구해야 할 것으로 사료된다.

Author Contributions

Research design: Lim HW

Acquisition of data: Lim HW

Analysis and interpretation of data: Lim HW

Drafting of the manuscript: Lim HW

Administrative, technical, and material support: Lim HW

Research supervision: Lim HW

참고문헌

1. Ergen E, Ulkar B. Proprioception and ankle injury in Soccer. *Clinical Sport Medicine*. 2008; 27(1):195-217.
2. Schaap GR, De Keizer G, Marti K. Inversion trauma of the ankle. *Arch Orthop Trauma Surg*. 1989;108(5):273-75.
3. Tropp H, Asklind C, Gillquist J. Prevention of ankle sprains. *Am J Sports Med*. 1985;13(4): 259-62.
4. Gross MT. Effects of recurrent lateral ankle sprains on active and passive judgements of joint position. *Phys Ther*. 1987; 67(10):1505-09.
5. Kim EK. The effect of proprioceptor training on functional ankle joint instability in soccer players. *Korean Sports*

- Research. 2004;15(5):1839-52.
6. Konradsen L, Raven J.B. Ankle instability caused by prolonged peroneal reaction time. *Acta. Ortho. Scand.* 1990; 61(5):388-90.
 7. Na YM, Moon JH, Seong YJ et al. The effects of ankle disk training in functional ankle instability. *The Korean Journal of Sports Medicine.* 1999;17(2):406-12.
 8. Ha SH, Lee HO, Kim SY et al. Electromyography Activity of Lower Leg Muscles After Ankle Sprain. *J Kor Soc Phys Ther.* 2005;17(4):621-31.
 9. Osborne MD, Chou L, Laskowski ER, Smith J et al. The effect of ankle disk training on muscle reaction time in subjects with a history of ankle sprain. *American Journal of Sports Medicine.* 2001;29(5):627-32.
 10. Eils E, Rosenbaum D. A multi-station proprioceptive exercise program in patients with ankle instability. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 2001;33(12):1991-98.
 11. Gauffin H, Tropp H, Odenrick P. Effect of ankle disk training on postural control in patients with functional instability of the ankle joint. *International Journal of Sports Medicine.* 1988;9(2):141-44.
 12. Pintsaar A, Brynhildsen J, Tropp H. Postural corrections after standardised perturbations of single limb stance: Effect of training and orthotic devices in patients with ankle instability. *British Journal of Sports Medicine.* 1996;30(2): 151-55.
 13. Bernier J.N, Perrin D.H. Effect of coordination training on proprioception of the functionally unstable ankle. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy.* 1998;27(4): 264-75.
 14. Lee MY, Hwang YT, Cho IS et al. Effect of mental practice in motor learning through repetitive movement task. *Journal of Korea Sport Research.* 200718(4):287-94.
 15. Choi DJ, Choi SO, Kim DH. The effects of mental imagery training on performance of anticipation timing tasks categorized by the levels of ecological validity and perception-action coupling. *Journal of Sport and Leisure Studies.* 201040(2):769-78.
 16. Kim JS, Kim SY, Oh DW. Effectiveness of mental practice on EMG activity of the quadriceps during sit-to-stand and stand-to-sit tasks in a hemiplegic patient. *J of The Korean Physical Therapy Science.* 2008;15(3):43-54.
 17. Park SJ, Hwang JH, Lee YT et al. The effect of hospital based rehabilitation exercise and home rehabilitation exercise in patients with chronic ankle sprain. *The Korean Journal of Sports Medicine.* 200624(2):194-99.
 18. Kaikkonen A, Kannus P, Jarvinen M. A performance test protocol and scoring scale for the evaluation of ankle injuries. *Am J Sports Med.* 199422(4):462-69.
 19. Cowan SM, Bennell KL, Hodges PW, et al. Delayed onset of electromyographic activity of vastus medialis obliquus relative to vastus lateralis in subjects with patellofemoral pain syndrome. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(2):183-89.
 20. An JH, Hwang JH, Woo YK. Static posturographic characteristics during balance control under virtual moving surround in patients with chronic ankle sprain. *J Korean Acad Rehab Med.* 2005;29(3):297-302.
 21. Yoo EY. The effect of mental practice along with visual feedback on symmetrical weight bearing training for persons with hemiparesis. Yonsei University. Dissertation of Doctorate Degree. 2000.
 22. Kwon OY, Cynn HS, Jung DY et al. A comparison in the muscle activity of the abductor hallucis and the medial longitudinal arch angle during toe curl and short foot exercises. *Physical Therapy in Sport.* 201112(1):30-35.
 23. Page SJ, Levine P, Sisto SA et al. Mental practice combined with physical practice for upper-limb motor deficit in subacute stroke. *Phys Ther.* 200181(8):1455-462.
 24. Guillot A, Lebon F, Rouffet DS et al. Muscular responses during motor imagery as a function of muscle contraction types. *International Journal of Psychophysiology.* 2007; 66(1):18-27.
 25. Choi JH, Lee MY. The Effect of Cross-Education in Nondominant Arm with Normal Adult. *J Kor Soc Phys Ther.* 2011;23(2):31-36.
 26. Christakou A, Zervas Y. The effectiveness of imagery on pain, edema, and range of motion in athletes with a grade II ankle sprain. *Physical Therapy in Sport.* 2007;8(3):130-40.
 27. Cupal DD, Brewer BW. Effects of relaxation and guided imagery on knee strength, reinjury anxiety, and pain following anterior cruciate ligament reconstruction. *Rehabilitation Psychology.* 2001;46(1):28-43.
 28. Christakou A, Zervas Y, Lavallee D. The adjunctive role of imagery on the functional rehabilitation of a grade II ankle sprain. *Human Movement Science.* 200726(1):141-54.
 29. Hwang JH, Kim SY, Kim HS et al. Postural Stability in Patients with Chronic Ankle Sprain. *J Korean Acad Rehab Med.* 2000;24(4):776-83.

30. Osborne MD, Chou LS, Laskowski ER et al. The effect of ankle disk training on muscle reaction time in subjects with a history of ankle sprain. *Am J Sports Med.* 2001;29(5): 627-32.
31. Crow J, Pizzari T, Buttifant D. Muscle onset can be improved by therapeutic exercise: A systematic review *Physical Therapy in Sport.* 2011;12(4):199-209.
32. Menacho MO, Pereira HM, Cardoso JR et al. The peroneus reaction time during sudden inversion test: Systematic review. *Journal of Electromyography and Kinesiology.* 2010 20(4): 559-65.
33. Suda EY, Sacco IC. Altered leg muscle activity in volleyball players with functional ankle instability during a sideward lateral cutting movement. *Phys Ther Sport.* 2011;12(4): 164-70.
34. Schmid R, Gergroü H, Friemert B et al. The peroneal reaction time (PRT)-reference data in a healthy sample population. *Foot Ankle Int.* 2005;26(5):382-6.
35. Ko YM, Jung MS, Park JW. The relationship between strength balance and joint position sense related to ankle joint in healthy women. *J Kor Soc Phys Ther* 2011;23(2): 23-9.
36. Eechaute C, Vaes P, Duquet W et al. Test-retest reliability of sudden ankle inversion measurements in subjects with healthy ankle joints. *J Athl Train.* 2007 Jan-Mar;42(1):60-5.
37. Sung GH, Hwang YT, Park JW et al. The effects of brake pedaling speed on onset time of muscle contraction in the lower extremity during driving task. *J Kor Soc Phys Ther* 2011;23(1):7-11.
38. Dunskey A, Dickstein R, Ariav C, et al. Motor imagery practice in gait rehabilitation of chronic post-stroke hemiparesis: four case studies. *Int J Rehabil Res,* 2006;29(4):351-56.