

# Effects of Thoracic Mobility Exercise Program on Pain, Proprioception, and Static Balance Ability in Patients with non-Specific Chronic Low Back Pain

Donghwan Park<sup>a</sup>, Kang-Seong Lee<sup>b\*</sup>

<sup>a</sup>Department of Physical Therapy, College of Health Sciences, Kyungnam University, Changwon, Republic of Korea

<sup>b</sup>Department of Medical Rehabilitation, Hanseo University, Seosan, Republic of Korea

**Objective:** The objective of this study was to investigate the effect of the thoracic mobility exercise program on pain, proprioception, and static balance ability in patients with non-specific chronic low back pain.

**Design:** Randomized controlled trial design.

**Methods:** Thirty patients with non-specific chronic low back pain participated in this study. The participants were randomized into the thoracic mobility exercise group (n=15) and the lumbar stabilization exercise group (n=15). Both groups received traditional physical therapy for 30 minutes per session. In addition, the thoracic mobility exercise group and the lumbar stabilization exercise group each exercise 3 times a week for 6 weeks. All participants were measured visual analog scale, proprioception test, and static balance ability before and after the intervention.

**Results:** After 6 weeks of interventions, the thoracic mobility exercise group showed greater improvement in visual analog scale, proprioception test, and static balance ability than the LSE group (p<0.05). Further, the thoracic mobility exercise group had significant Enhancements in all measured variables compared to the baselinetest (p<0.05). However, the lumbar stabilization exercise group had significant improvement only visual analog scale, and static balance ability compared to the baselinetest (p<0.05).

**Conclusions:** Our investigation demonstrates that the thoracic mobility exercise is an effective intervention method for improving pain, proprioception, and static balance ability in patients with non-specific chronic low back pain.

**Key Words:** Thoracic mobility exercise, Lumbar stabilization exercise, pain, proprioception, balance

## 서론

허리 통증은 임상에서 흔히 발생하는 질환 중 하나이며 전체인구의 80%가량에서 평생에 걸쳐 한 번은 허리 통증을 겪게 된다고 한다[1]. 허리 통증은 발생 기간에 따라 급성, 아 급성 및 만성 허리통증으로 구분되며, 급성 허리 통증은 보통 6주 이내의 통증 기간, 아 급성은 6~12주 이내의 통증기간을 가지며, 허리 통증이 3개월 이상 지속되면 만성 허리 통증으로 정의한다[2, 3]. 만성 허리 통증은 반복적인 치료, 업무로의 복귀가 장시간 지연 및 상실되고 많은 의료비로 지출은 사회적 문제와

의료적 문제로 이어진다[4]. 또한, 전체 산업재해 가운데 작업 관련성 허리 통증은 약 20~30% 정도를 차지하며 직업환경의학적 측면에서 노동력 상실을 발생시킨다[5, 6].

척추의 정상가동범위를 넘은 허리뼈의 불안정성은 허리 통증의 한 원인으로 보고되고 있으며[7], 갑작스럽게 기대하지 못한 운동과 회전이나 부하 및 들기와 관련이 있다[8]. 허리뼈의 운동성 증가로 인한 과다사용으로 인해 척추면 관절(facet joint)에 불안정성이 발생되어 결과적으로 허리 통증을 유발시킬 수 있으며, 관절에서 운동성 감소가 나타나면, 운동성 감소를 보상하기 위해 주

Received: Dec 18, 2023 Revised: Dec 18, 2023 Accepted: Feb 9, 2024

Corresponding author: Kang-seong Lee (ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1396-8243>)

Department of Medical Rehabilitation, 46 Hanseoro, Haemi-myeon, Seosan-si, Chungcheongnam-do, Republic of Korea

Tel: +82-41-660-1107 E-mail: cpo114@hanseo.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright © 2024 Korean Academy of Physical Therapy Rehabilitation Science

변 관절에서는 운동성증가와 함께 지나친 스트레스가 나타나며, 이러한 운동성 증가로 인해 근육이 적절히 피로를 조절하지 못할 때 관절의 불안정이 발생할 수 있다[9, 10]. 또한, 허리 통증 환자는 정상인과 비교하여 요부의 심부근육이 약화, 불균형 그리고 고유수용성 감각의 저하로 자세균형조절 능력이 떨어져 신체의 흔들림이 발생하게 된다[11].

허리 통증에 대한 운동 치료로 요부안정화 운동 프로그램(lumbar stabilization exercise, LSE)이 사용되어지고 있으며, 통증이 없는 범위에서 움직임이 수행될 수 있도록 불안정한 자세를 조절하며, 일상생활시 이 자세를 유지할 수 있는 능력을 향상시켜 능동적으로 허리뼈 관련 조직을 강화한다[12, 13]. 또한, 등뼈의 가동성 감소는 보상작용에 의해 허리뼈와 목뼈의 운동성을 증가시키며[10, 14], 허리뼈의 가동성 증가는 지나친 근육사용으로 인한 피로를 제어하지 못할 때 불안정성이 원인이 되어 허리 통증을 유발시킨다[9]. 등뼈의 가동성 증가를 위한 관절 운동치료는 관절을 제한된 방향으로 늘리는 것이라고 하였으며[15], 이를 근거로 등뼈의 가동성 증가를 통해 증가된 허리뼈의 가동성을 감소시켜 보상작용의 감소로 인한 허리뼈의 기계적 안정성이 향상되어 허리 통증을 감소시킬 것이다[16, 17].

선행 연구에서 등뼈 가동성 운동 프로그램(thoracic mobility exercise, TME)은 만성 허리통증 환자를 대상으로 통증의 변화[18]와 만족[19] 그리고 오스웨스트리 장애지수(oswestry disability index) [20]에 향상을 시키는데 효과적임을 발견했다. 따라서 본 연구의 목적은 비

특이적 만성 허리 통증 환자에게 TME와 LSE의 적용이 통증 및 고유수용성감각 그리고 정적균형에 미치는 영향을 알아보려고 하였다.

## 연구방법

### 연구대상자

본 연구의 대상자는 2023년 3월부터 6월까지 서울 K 병원 재활의학과에서 비 특이적 만성 허리 통증으로 진단받은 외래 환자 30명을 대상으로 하였다. 선정기준은 25세 이상 55세 이하로 의사로부터 비 특이적 허리 통증 진단을 받은 자[21], 지난 3개월간 허리 통증이 지속된 자[20], 시각적 통증 지수 점수가 3점 이상 6점 이하인 자[22]로 하였다. 또한, 제외기준은 척추 수술을 한 자[7], 골절, 교통사고 등과 같이 외상으로 인한 허리 통증을 가지고 있는 자[18], 급성 감염 등 활동적인 운동을 방해하는 다른 질환을 가지고 있는 자[23]는 제외하였다. 본 연구의 목적을 직접 설명하고 동의서에 서명한 자에 한하여 실시하였다.

### 연구절차 중재 방법

#### 연구절차

본 연구는 무작위 대조군 연구설계(randomized control trial)를 적용하였으며, 대상자 수 선정을 위해 G-power

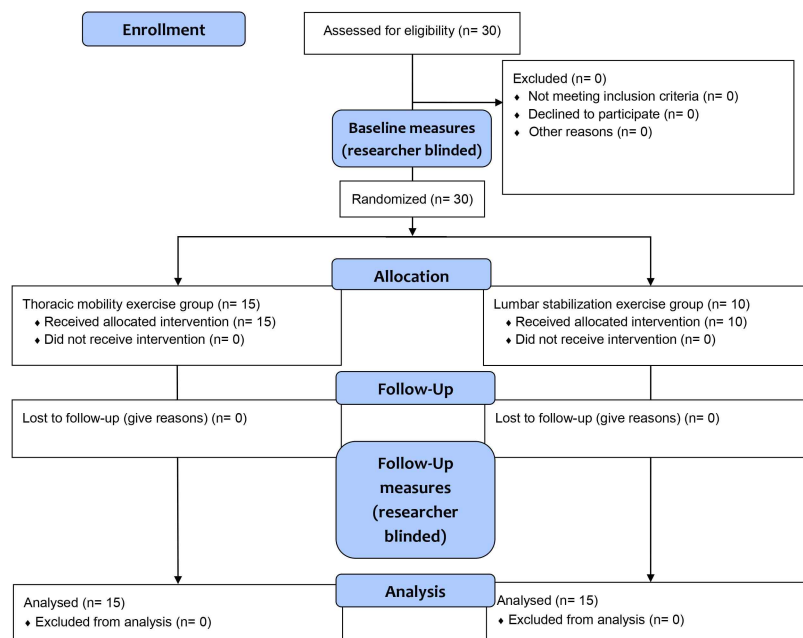
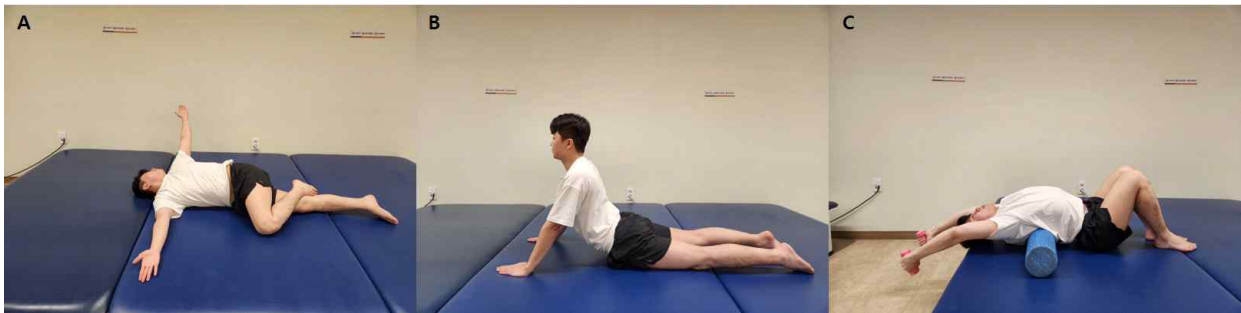


Figure 1. Flow chart



**Figure 2.** Lumbar stabilization exercise. A: pelvic tilting, B: bridge, C: kneeling opposites and bent knee leg lift



**Figure 3.** Thoracic mobility exercise. A: trunk rotation, B: Mckenzie, C: thoracic extension on supine

프로그램(버전 3.1)을 사용하였다. 5명을 대상으로 하여 파일럿 테스트(pilot test)가 수행되었으며, 유의 수준(0.05), 검정력(0.80) 및 효과 크기(0.98)로 설정하였다. 파일럿 테스트 결과 그룹 당 13명의 대상자를 필요로 하였으며, 총 30명의 비 특이적 만성 허리 통증 환자가 본 연구에 참여하였다. 본 연구 대상자를 TME 적용 그룹 15명과 LSE 적용 그룹 15명으로 무작위 선별하였다(Fig 1). 대상자의 일반적인 특성과 평가는 본 연구에 맹검(blind)된 검사자에 의해서 측정하였다. 운동전과 후의 평가는 운동 시작 1일 전과 종료 1일 후에 실시하였으며, 통증과 고유수용성감각 및 정적 균형을 평가하였다. 두 그룹 모두 보존적인 물리치료로서 온습포를 이용한 온열치료 15분과 간섭파 전류치료(PMI-550, Promed, Korea) 주파수 100Hz을 허리 통증 부위에 15분 시행한 후 TME와 LSE 운동을 각각 15분간 실시하였다. 두 그룹 모두 보존적인 물리치료와 각각의 운동치료를 주 3회 총 6주간 실시하였다.

### 중재방법

LSE는 바로 누운 상태에서 허리의 기초 긴장(pelvic tilting), 허리의 기초 긴장 후 엉덩이 들기(bridge), 고양이 자세에서 안정화 운동(kneeling opposites and bent knee leg lift)으로 이루어져 있으며 10초 유지 10초 휴식을 1회로 하여 각 운동별로 5분간 실시하며, 운동 중

간에 2분간의 휴식시간을 제공하였다(Fig 2). TME는 옆으로 누운 자세에서 등 돌리기 운동(trunk rotation), 옆드려 누운 자세에서 팔꿈치 펴고 허리 펴기(Mckenzie), 등 아래 부분 움직임을 증가하기 위한 운동(thoracic extension on supine)으로 구성되어 있으며, 10초 유지 10초 휴식을 1회로 하여 각 운동별로 5분간 실시하며, 운동 중간에 2분간의 휴식시간을 제공하였다(Fig 3).

## 측정 방법 및 측정 도구

### 통증(pain)

허리 통증은 시각적 통증 지수(visual analog scale, VAS)를 활용하여 평가하였다. VAS는 환자가 느끼는 통증을 강도를 막대 위에 표시하게 하며, 시작점에서 표시점까지의 거리를 측정하여 0점에서 10점까지 점수화한다. 이때, 0은 통증이 없는 상태, 10은 참을 수 없는 통증 정도로 나타낸다. 선행 연구에서 VAS의 타당도[24]와 신뢰도는 높은 등급(ICC, 0.92)으로 보고되어 있다 [25].

### 고유수용성감각 검사(proprioception test)

연구 대상자의 고유수용성감각을 측정하기 위해 디지털 듀얼 경사계(Dualer IQ, Itecm, USA)를 사용하여

관절 위치 재위치 오차를 활용하여 측정하였다. 허리 고 유수용성감각 목표 각도는 앉아있는 상태에서 굽힘 30도로 구두 지시를 통해 30도에서 5초간 유지하고 되돌아 오기를 10회 반복하여 기준자세를 교육하였다. 그 후 5분 간의 휴식 시간을 제공한 뒤 연구 대상자는 스스로 교육받은 기준자세에 도달할 수 있도록 하였다. 총 3회 반복 측정하였으며, 측정된 값을 평균값으로 계산하여 사용하였다. 선행 연구에서 디지털 듀얼 경사계를 이용한 고유수용성감각의 검사는 높은 타당도와 신뢰도를 보이고 있다(ICC=0.888)[26].

### 정적 균형능력 검사(static balance test)

정적 기립 균형은 정적/동적 족저압 측정기(Gaitview, Alfoots, Seoul, Korea)를 이용하였다. 시각이 자세균형조절에 미치는 영향을 차단하기 위해 30초간 눈을 감은 상태로 측정하였다. 무게 중심의 이동으로 인해 생기는 압력 및 방향을 측정하여, 동요면적 값을 구하며 정적(Static) 검사시간 동안의 몸/각 발의 중심적 궤적을 측정하였다. 궤적의 총면적은 정적 균형 능력 검사의 값을 의미한다. 선행연구에서 족저압 측정기를 이용한 정적균형 검사는 높은 신뢰도를 보이고 있다(ICC=0.69-0.97)[27].

### 자료분석

자료분석은 윈도우용 SPSS (ver. 25, IBM Corp., USA)을 사용하여 분석하였다. 정규성 검정 입증을 위해 Kolmogorov-Smirnov 검정을 사용하였고, 모든 자료는 평균과 표준편차를 사용하였다. 연구 대상자들의 일반적인 특성 비교와 그룹 간의 사전 동질성 비교는 카이제곱 검정 분석과 독립표본 t-검정(independent t-test)을 사용하였다. 그룹내 전과 후의 변화량을 비교하기 위해 대응표본 t-검정(paired t-test)을 사용하였고, 그룹간 변화량을 비교하기 위해 독립표본 t-검정을 사용하였다. 통계학적 유의 수준( $\alpha$ )은 0.05로 하였다.

### 연구결과

#### 연구대상자의 일반적인 특성

본 연구에 참여한 연구대상자의 성별과 연령, 신장, 체중에서 그룹간 통계적인 유의한 차이는 나타나지 않았으며 일반적인 특성은 Table 1.과 같다.

#### 통증 및 고유수용성감각 그리고 정적균형능력 검사 측정

**Table 1.** Clinical information of the patients with low back pain

	Thoracic mobility exercise group	Lumbar stabilization exercise group	<i>p</i>
Sex (n)	15	15	1.000
Male/Female	8/7	7/8	0.578
Age (years), mean (SD)	44.2±5.09	42.6±7.41	0.624
Height (cm), mean (SD)	168.6 ± 7.52	167.9 ± 6.48	0.357
Weight (kg), mean (SD)	68.8±9.55	67.7±9.12	0.779

**Table 2.** Changes in the intervention in each group

Parameters	Thoracic mobility exercise group			Lumbar stabilization exercise group			<i>p</i>
	Pre-test	Post test	Post-pre	Pre-test	Post test	Post-pre	
Visual analog scale (point)	5.08±0.87	2.56±1.26	2.52±0.96*	5.29±0.71	3.08±1.45	2.21±0.92*	<0.01 <sup>†</sup>
Proprioception test (°)	5.91±2.87	2.01±2.04	3.9±2.35*	6.31±2.76	4.88±4.31	1.43±2.97	0.03 <sup>†</sup>
Static balance test (cm <sup>2</sup> )	6.08±1.75	2.18±1.51	3.9±1.62*	5.75±1.44	2.89±1.78	2.86±1.62*	<0.01 <sup>†</sup>

Values are expressed as mean ± standard deviation.

\* $P < 0.05$  indicate a significant difference between pre- and post-treatments within the group.

<sup>†</sup> $P < 0.05$  indicate a significant difference between the change scores between the groups.

## 결과 비교

두 그룹 간의 VAS, 고유수용성감각 그리고 정적균형 능력 검사의 비교결과는 Table 2.에 나타나 있다. 중재 전 두 그룹간 모든 측정값의 유의한 차이는 나타나지 않았으며( $p > 0.05$ ), 중재 후 VAS, 고유수용성감각 그리고 정적균형능력 검사에서 TME 그룹이 LSE 그룹보다 유의하게 감소되어 나타났다( $p < 0.05$ ). 두 그룹의 중재 전-후 그룹내 비교 결과, TME 그룹은 모든 변수에서 유의한 감소가 나타났고( $p < 0.05$ ), LSE 그룹에서는 VAS와 정적균형능력 검사에서 유의한 감소가 나타났다( $p < 0.05$ ).

## 고찰

본 연구의 목적은 비 특이성 만성 허리 통증환자를 대상으로 TME 적용이 통증, 고유수용성감각 그리고 정적균형능력에 미치는 영향에 대해 알아보려고 하였다. TME 적용 후 통증, 고유수용성감각 그리고 정적균형능력은 LSE 그룹 보다 유의하게 감소되어 나타났고, 두 그룹 중재 전과 후의 집단내 비교 결과, TME 그룹에서는 모든 변수가 유의하게 감소되어 나타났으나, LSE 그룹은 통증과 정적균형능력에서만 유의한 감소가 나타났다.

본 연구 결과에서 VAS는 TME 중재 적용 후 LSE 그룹에 비해 14.02% 감소하였다. 허리 통증 환자의 여러가지 원인 가운데 요부의 불안정성은 역학적 원인으로 언급되고 있으며, 허리 통증에 대한 운동치료 프로그램은 기능적 자세와 움직임 동안에 척추와 골반의 안정성 증가와 함께 근력을 강화시키고 근육과 움직임 조절의 개선이 목적으로 한다. 또한, 본 연구에서 TME는 등뼈 운동성을 증가시켜 복부근과 펌 근의 불균형을 개선시키고[28, 29], 과소 움직임이 있는 분절에 관절 가동 치료를 적용하여 불안정성 있는 허리뼈 부위의 과대 움직임으로 인한 스트레스 감소와 허리뼈 안정성을 개선시켜 줌으로써[17, 18] 허리뼈 부위의 불안정성으로 인한 통증을 개선시켜 주었을 것이라 생각한다. 이는 42명의 만성 허리통증을 호소하는 병원 근로자를 대상으로 허리뼈 운동과 등뼈 운동을 비교하여 통증과 오스웨스트리 장애지수, 등뼈 가동성의 개선을 확인한 선행연구[28]와 4주간 만성 허리통증 환자를 대상으로 허리뼈 안정화운동과 스트레칭을 동반한 등뼈 가동성 운동을 적용 후 통증 수준과 등뼈 뒤굽음 그리고 기능적 장애의 개선을 확인한 선행연구[19]와 동일한 결과를 나타냈다. 본 연구에서는 흉추의 가동성의 증가 목표로 운동프로그램을 진행하였기 때문에 운동시 상체와 어깨 그리고

척추의 움직임이 촉진시게 되고 또한 TME 적용시 허리뼈 주위의 안정성 증가가 함께 나타나 스트레칭과 안정화 운동프로그램은 혼합한 선행 연구[19, 28]와 같이 통증이 감소되었을 것이라 생각한다.

본 연구 결과에서 고유수용성감각은 TME 중재 적용 후 LSE 그룹에 비해 172.72% 개선되어 나타났다. 등뼈의 가동성 증가는 목뼈와 등뼈 그리고 허리뼈의 정상적인 만곡형태를 유지하며 척추에 가해지는 많은 부하로부터 척추를 적절히 보호하고 기계적인 스트레스를 감소시킨다. 또한, TME는 반복적인 가동성을 통해 척추 조직의 유연성 향상시키고 바른 자세를 통해 근활성도를 개선시켜 민감성을 조절하고 몸의 움직임에 대한 정확한 위치 감각과 자세 조절 능력을 강화시켰다고 생각한다. 이는 60명의 비 특이적 목통증을 가지고 있는 환자를 대상으로 TME와 등뼈 교정치료(manipulation)으로 나누어 비교한 결과, TME 그룹에서 통증강도와 고유수용성감각 그리고 어깨뼈 들임(retraction)에서 등뼈 교정치료 그룹보다 유의하게 개선되었다는 선행연구[30]와 만성 허리 통증 환자 48명을 대상으로 TME를 적용한 그룹에서 LSE 그룹 보다 허리통증 환자의 통증수준과 관절 재위치 오차각도에서 유의하게 개선되어 나타났다는 선행연구[23]와 동일한 결과를 보였다. 본 연구에서 허리뼈 주위의 안정을 유지한 상태에서 능동적인 TME를 적용하였으며, 이는 TME 적용시 등뼈의 관절 가동성의 증가가 상체의 움직임 범위를 증가와 함께 근육과 인대 그리고 관절낭에 지속적인 자극, 올바른 척추의 움직임과 안정성이 근육의 협응 능력 증가와 TME를 통한 통증감소가로 나타나 수동적 치료 방법인 등뼈 교정치료와 등뼈 관절가동술을 적용한 선행연구[23, 30]와 같이 고유수용성감각을 개선시켰다고 생각한다.

본 연구 결과에서 정적균형능력은 TME 중재 적용 후 LSE 그룹에 비해 36.36% 개선되었다. 정적균형능력은 정지 상태에서 몸을 일정한 자세로 유지하는 능력을 말하며, 등뼈는 몸의 중심부에 위치하며 허리뼈와 목을 연결하는 역할을 한다. 만성 허리 통증환자에게 나타나는 비정상적인 자세는 등뼈의 뒤굽음을 증가와 가동성을 제한시켜 균형 능력의 저하가 나타난다. TME는 등뼈의 펌 운동으로 이루어진 운동으로 척추의 가동성을 증가를 통해 관절의 가동범위를 개선시키고 근육의 긴장을 감소와 등뼈의 뒤굽음의 감소는 척추의 바른 정렬을 만들어 신체의 무게를 균형 있게 분산시켜 정적균형능력을 개선시켰다고 생각한다. 또한, TME를 통한 통증 감소와 고유수용성감각 개선이 자세조절 능력 향상에 영향을 미쳐 정적균형능력에 긍정적인 영향을 미쳤을 것이다. 이는 등뼈 뒤굽음을 가지고 있는 20세 이상의 성인 18명을 대상으로 6주간 TME 적용 후 등뼈

뒤굽음각, 정적 그리고 동적 균형능력의 개선이 나타났다는 선행 연구[29]와 36명의 만성 허리 통증을 가진 36명을 대상으로 LSE와 TME를 함께 적용한 그룹이 LSE만 적용한 그룹보다 통증과 균형 능력에서 유의하게 향상되어 나타났다는 선행연구[31]와 동일한 결과를 보였다. 선행연구와 같이 본 연구에서의 TME를 통한 통증 감소와 고유수용성감각의 개선은 체성감각계를 활성화시키고 통증과 비정상적인 자세 패턴을 통해 감소되었던 균형능력을 개선시켰을 것이고, 등뼈의 운동성 증가는 허리뼈의 안정성을 확보하고 통증 개선을 통한 움직임 조절능력을 향상을 통해 정적균형능력이 개선되었을 것이라고 생각한다.

본 연구의 제한점으로는 연구에 참여한 대상자는 모두 30명으로, 연구 대상자의 검정력 분석 결과 효과크기가 0.98로 나타났지만 연구 결과를 모든 만성 허리통증 환자에게 일반화시키기에는 어렵다. 또한, 본 연구는 TME와 LSE의 중재 전-후의 효과만 비교하였고 추적관찰이 이루어지지 않아 추후 연구에서는 장기간의 훈련 효과가 입증할 수 있는 연구가 이루어져야 한다고 생각한다.

## 결론

만성 허리통증환자를 대상으로 TME의 적용이 허리 통증, 고유수용성감각 그리고 정적균형능력에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 총 6주간의 중재 후 TME 적용 후 LSE 그룹과 비교하여 통증, 고유수용성감각 그리고 정적균형능력이 유의하게 개선되어 나타났다. 본 연구결과를 통해 만성 허리통증 환자에게 TME의 적용은 통증과 고유수용성감각 그리고 정적균형능력의 향상에 도움을 줄 수 있다는 것을 알 수 있었다.

## 이해충돌

본 연구의 저자들은 연구, 저작권 및 출판과 관련하여 잠재적인 이해충돌이 없음을 선언합니다.

## 참고문헌

1. Koes BW, Van Tulder M, Thomas S. Diagnosis and treatment of low back pain. *Bmj*. 2006;332(7555):1430-4.
2. Wheeler A. Diagnosis and management of low back pain and sciatica. *American family physician*. 1995;52(5):1333-41.
3. Son SJ, KIM WD, Moon KY, Park DC, Jung KI, Jung SY, et al. Effects of one-leg squat using a slide on hip strength and Q angle in patients with chronic hip joint pain. *Korean Journal of Neuromuscular Rehabilitation*. 2023;13(2):40-6.
4. Hazard RG. Chronic low back pain and disability: the efficacy of functional restoration. *Bulletin (Hospital for Joint Diseases (New York, NY))*. 1996;55(4):213-6.
5. Kelsey JL, WHITE III AA. Epidemiology and impact of low-back pain. *Spine*. 1980;5(2):133-42.
6. Biering-Sørensen F. Physical measurements as risk indicators for low-back trouble over a one-year period. *Spine*. 1984;9(2):106-19.
7. Jung YT. Effect of lumbar stabilization exercise on spinal instability in patients with low back pain: A literature Review. *Korean Research Society of Physical Therapy*. 2000;7(4):47-55.
8. Harris-Hayes M, Sahrman SA, Van Dillen LR. Relationship between the hip and low back pain in athletes who participate in rotation-related sports. *Journal of sport rehabilitation*. 2009;18(1):60.
9. Moore K. *Muscles and ligaments of the back. Clinical anatomy and management of low back pain* Butterworth-Heinemann, Oxford. 1997.
10. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *Journal of spinal disorders*. 1992;5:383-.
11. O'Sullivan PB, Burnett A, Floyd AN, Gadsdon K, Logiudice J, Miller D, et al. Lumbar repositioning deficit in a specific low back pain population. *Spine*. 2003;28(10):1074-9.
12. McGill SM. Low back stability: from formal description to issues for performance and rehabilitation. *Exercise and sport sciences reviews*. 2001;29(1):26-31.
13. Olson KA. *Manual Physical Therapy of the Spine-E-Book: Elsevier Health Sciences*; 2021.
14. Baldwin NG. Lumbar disc disease: the natural history. *Neurosurgical focus*. 2002;13(2):1-4.
15. Kaltenborn FM. *Manual mobilization of the joints: the Kaltenborn method of joint examination and treatment*. 2003.
16. Fon GT, Pitt MJ, Thies Jr AC. Thoracic kyphosis: range in normal subjects. *American Journal of Roentgenology*. 1980;134(5):979-83.

17. Singer K, Giles L. Manual therapy considerations at the thoracolumbar junction: an anatomical and functional perspective. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*. 1990;13(2):83-8.
18. Park D, Lee KS. The comparison on the effect of thoracic flexibility exercise and lumbar stabilization exercise on pain and heart rate variability of patients with chronic low back pain. *International Journal of Advanced Nursing Education and Research*. 2020;5(1):25-30.
19. Divya, Parveen A, Nuhmani S, Ejaz Hussain M, Hussain Khan M. Effect of lumbar stabilization exercises and thoracic mobilization with strengthening exercises on pain level, thoracic kyphosis, and functional disability in chronic low back pain. *Journal of Complementary and Integrative Medicine*. 2020;18(2):419-24.
20. Khaleghdadi H, Akbari A, Ghiasi F, HosseiniFar M, Ashtianiy AA. Comparison of the effect of thoracic and lumbar stability exercises on the pain and disability of women with non-specific chronic low back pain. *J Biochem Tech* (2). 2019:167-73.
21. Kostadinović S, Milovanović N, Jovanović J, Tomašević-Todorović S. Efficacy of the lumbar stabilization and thoracic mobilization exercise program on pain intensity and functional disability reduction in chronic low back pain patients with lumbar radiculopathy: A randomized controlled trial. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2020;33(6):897-907.
22. Fisher LR, Alvar BA, Maher SF, Cleland JA. Short-term effects of thoracic spine thrust manipulation, exercise, and education in individuals with low back pain: a randomized controlled trial. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*. 2020;50(1):24-32.
23. Yang JM, Kim SY. The Effect of thoracic joint mobilization on pain, proprioception and static balance in patients with chronic low back pain. *Physical Therapy Korea*. 2015;22(3):1-11.
24. Begum MR, Hossain MA. Validity and reliability of visual analogue scale (VAS) for pain measurement. *Journal of Medical Case Reports and Reviews*. 2019;2(11):394-02.
25. Reddy RS, Alahmari KA, Samuel PS, Tedla JS, Kakaraparthi VN, Rengaramanujam K. Intra-rater and inter-rater reliability of neutral and target lumbar positioning tests in subjects with and without non-specific lower back pain. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2021;34(2):289-99.
26. Hecimovich MD, Hebert JJ. Reliability and concurrent validity of an alternative method of lateral lumbar range of motion in athletes. *South African Journal of Sports Medicine*. 2016;28(1):23-6.
27. Kim YT, Lee JS. Normal pressures and reliability of the Gaitview® system in healthy adults. *Prosthetics and orthotics international*. 2012;36(2):159-64.
28. Hur JG. Effect on thoracic exercise programs in employees with chronic low back pain. *Physical Therapy Korea*. 2005;12(2):44-57.
29. Jeong HJ, Kim BJ. The effect of thoracic joint mobilization on the changes of the thoracic kyphosis angle and static and dynamic balance. *Biomedical Science Letters*. 2019;25(2):149-58.
30. Saleh AM, Abdel-Aal NM, Ibrahim OA. Mobilization with movement versus thoracic manipulation on neck proprioception in mechanical neck pain: A randomized controlled study. *Journal of Pharmaceutical Negative Results*. 2023:3972-80.
31. Heo MY, Kim K, Hur BY, Nam CW. The effect of lumbar stabilization exercises and thoracic mobilization and exercises on chronic low back pain patients. *Journal of physical therapy science*. 2015;27(12):3843-6.