

The Effects of Lumbar Stabilization Exercises Using A Traction Force Sensor on The Flexibility of The Spine, Dynamic Balance, Pain Intensity, and ODI(Oswestry Disability Index) in Patients with Chronic Low Back Pain

Sung il Ahn^a, Se Yun Kim^b, Tae Woo Kang^b, Seo Yoon Park^b, Hee jin Cho^a,
Soung Kyun Hong^{b*}

^aDepartment of physical therapy, graduate school of Woosuk University

^bDepartment of Physical Therapy, College of Health Science and Social Welfare, Woosuk University, Wanju, Republic of Korea

Objective: This case report was to investigate the effects of lumbar stabilization exercises using a traction force sensor on the flexibility of the spine, dynamic balance, pain intensity, and ODI in patients with chronic low back pain.

Design: A Case study

Methods: The participant underwent lumbar stabilization exercises using a traction force sensor twice a week for a total of 10 sessions over a period of 5 weeks. Outcome measures included lumbar flexibility using the Schober test, changes in functional performance in daily life assessed by ODI, overall pain intensity and frequency measured by the VAS, and the Y balance test. The participant underwent lumbar stabilization exercises using a traction force sensor twice a week for a total of 10 sessions over a period of 5 weeks. Outcome measures included lumbar flexibility using the Schober test, changes in functional performance in daily life assessed by ODI, overall pain intensity and frequency measured by the VAS, and the Y balance test.

Results: After the intervention, the participant's lumbar flexibility increased from 12.5 cm to 16 cm, indicating an improvement in lumbar flexibility. The pain score decreased from 8 points before the intervention to 0 points after the intervention. Additionally, the ODI score decreased from 4 points to 0 points. Dynamic balance also improved, with the measurements increasing from 55 cm anterior, 48 cm left, and 47 cm right before the intervention to 65 cm anterior, 60 cm left, and 57 cm right after the intervention.

Conclusions: The patient positively responded to lumbar stabilization exercises using a traction force sensor, showing increased lumbar flexibility, improved daily functioning, reduced pain, and enhanced dynamic balance. These results suggest that the application of lumbar stabilization exercises with a traction force sensor may be considered positively for patients with chronic low back pain.

Key Words: Lumbar stabilization exercise, Traction force sensor

서론

요통은 전체 인구의 약 80%가 경험한 적 있으며, 현대사회에서 가장 흔하게 발생하고 비용이 많이 드는 질환 중 하나이다[1]. 또한 처음 요통을 경험한 환자들은 다시 요통이 재발할 우려가 크기 때문에 재발성 요통을 막는 성공적인 재활이 가장 중요하다[2]. 만성 요통 환

자의 신체적 위험 요소로는 체간의 유연성이 감소하고, 허리 근육이 약해지며, 척추 근육, 관절 및 추간 디스크로의 혈액 공급이 감소하는 것이고, 근육 기능이 원활하지 못하며[3], 요통은 통증 지속기간에 따라 6주 이하면 급성, 6주에서 12주면 아급성, 그리고 12주 이상이면 만성 요통으로 분류한다[4].

현재까지 진행되고 있는 만성 요통의 관리와 치료법

Received: Dec 12, 2023 Revised: Dec 26, 2023 Accepted: Dec 27, 2023

Corresponding author: Soungkyun Hong (ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7581-6122>)

Department of Physical Therapy, Woosuk University, 443, Samnye-ro, Samnye-eup, Wanju-gun, Jeollabuk-do, 55338 Republic of Korea

Tel: +82-63-290-1657 E-mail: popory77@woosuk.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 © 2023 Korean Academy of Physical Therapy Rehabilitation Science

에는 여러 가지가 있는데, 먼저 경피적 전기 자극을 포함하는 비침습적 비 약리학적 방법인 전기치료가 있다. 임상에서 환자의 통증관리를 위해 가장 흔하게 사용되는 치료로는 전기치료의 경피적 전기신경자극(TENS)과 간섭 전류(IFC)가 있다[5]. 그러나 대부분의 연구에서 치료를 받지 않은 대조군과 비교하여 통계적으로 의미 있는 결과는 발견되지 않았다[5]. 또 다른 치료법 중 하나인 카이로프랙틱 교정법은 교정을 통해 관절의 위치를 정상화해 관절의 신장성을 유지하여 최적의 통증 없는 상태를 유지하고, 관절 주위 조직이나 수축된 근육들의 이완을 통하여 결과적으로 관절의 움직임을 증가시키는 효과가 있다[6]. 만성 요통 환자에게 직접적으로 사용되고 있는 또 다른 운동방법인 McKenzie 운동방법은 평가 및 중재 구성요소를 모두 포함하는 만성 요통에 대한 독특하고 종합적인 접근법으로써, 현재까지의 중재 연구에 따르면 McKenzie 방법은 다른 치료보다 단기적인 치료의 결과가 좋다고 보고되고 있다[7].

일반적인 요통 환자의 운동 조절 손상은 부정확한 고유 감각 입력을 제공하며 또한 정상적인 감각 정보의 상실은 보상 수정을 위한 자세 조정 전략을 만든다[8]. 특히 하지와 몸통의 고유감각 입력은 신체 안정성과 움직임 조절에 중요한 역할을 하는데 이러한 고유 감각 장애는 만성 통증과 함께 ROM의 제한, 자세 균형 조절을 유발하여 자세와 척추근육의 불균형을 만든다[9].

이에 발란스를 보정하기 위한 많은 연구들이 있으며 Kim 등[10]은 만성 요통 환자에게 뉴락 슬링 운동을 이용하여 자세균형조절과 근육 반응 패턴에 미치는 영향에 대해 알고자 하였고, Hyeong 등[11]은 메이틀란드 도수치료가 만성 요통 환자의 즉각적인 동적 균형능력에 미치는 영향에 대해 알고자 하였다. Gatti 등[12]은 만성 요통 환자에게 몸통 균형 운동이 통증강도, 장애지수 및 삶의 질에 미치는 효과에 대해 알고자 하였으며, 김다운 등[14]은 인장력 센서를 이용하여 피드백을 이용한 슬링 교각운동이 체간 신전근과 고관절 신전근의 좌우 대칭에 미치는 영향에 대해 알고자 하였다.

비주얼 피드백을 이용한 인장력 센서 프로그램은 좌우에 부하되는 장력 값을 객관적이고 정량적으로 실시간 시각적으로 제공하는 시각적 피드백 훈련 프로그램으로, 자신의 좌우 불균형을 눈으로 확인하며 적절한 균형을 맞추어 대칭적인 교각운동을 수행할 수 있어 척추근육의 불균형으로 인한 요통환자에게 좋은 대안이 될 수 있다[13].

하지만 위와 같은 연구들은 단순한 요통 환자의 근력을 증진시키기 위한 운동프로그램들이며, 인장력 센서를 사용한 연구 역시 일반인을 대상으로 시행된 연구로, 환자를 대상으로 스스로 만들어 낼 수 있는 장력을 이

용한 운동을 통해서 신체 기능의 변화를 객관적, 정량적, 시각적으로 피드백한 연구는 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 인장력 센서를 이용한 요추 안정화 운동이 만성 요통 환자의 척추의 유연성 및 동적 균형, 통증강도, 요통장애지수(Oswestry Disability Index, ODI)에 미치는 영향에 대해 알아보하고자 한다.

사례 보고

1. 병력 및 계통 재검토

본 연구에 참여한 대상자는 23세의 여자 환자로 신장은 163 cm이었으며, 체중은 65 kg이었다. 그리고 BMI는 24.46 kg/m²로 나타났다.

1년 전부터 오래 앉아있을 때, 1시간 이상 걸을 때, 무거운 것을 들 때 허리부위에 경도 및 중도 요통을 호소하였다. 개인 의원에서 만성 요통으로 진단받고 보존적 요법으로 간헐적 물리치료 및 신경차단술 주사치료를 받으며 지냈으나 통증의 호전이 없었다. 이로 인한 삶의 질의 저하 및 일상생활 활동능력 저하로 인해 본 운동센터에 내원 하였다.

대상자는 과거 다른 신경성 질환 및 정신질환에 관한 어떠한 문제도 없었으며 만성 요통 외에 다른 근골격계 질환을 가지고 있지 않았고, 어지러움증과 같은 신경계 질환도 없었으며 과거에 허리관련 수술을 받은 경험도 없었다.

대상자의 목표는 통증 감소와 함께 일상생활 활동능력의 회복으로 안정적인 직장 및 가정생활을 회복하는 것이었다.

2. 검사 및 측정

본 연구에 참여한 대상자는 인장력 센서를 이용한 요추 안정화 운동을 회당 30분씩 주 2회 5주간 10회 적용하였으며, 모든 중재 후 마다 쇼베르 검사를 이용한 요추의 유연성을 측정하였으며 쇼베르 검사는 양측 PSIS(Posterior Superior Iliac spine)을 연결한 수평선과 그 위로 10cm, 아래로 5cm지점에 점을 표시하고 허리를 앞으로 구부르기 했을 때 늘어난 거리가 5cm 이상이면 정상, 4cm 이하이면 양성반응으로 유연성이 떨어짐을 나타낸다[14]. 또한 ODI 설문지를 통한 일상생활에서의 기능적 수행 능력의 변화, VAS(Visual analog scale)를 이용한 전반적인 통증의 강도와 빈도를 검사하였으며 동적 균형을 검사하기 위한 Y balance는 전방, 후방 오른쪽, 후방 왼쪽 순으로 다리를 최대한 멀리 뻗어 도달한 거리를 측정하는 방식이다[15].



Figure 1. 인장력 센서

검사 및 측정 결과, 실험 전 첫 검사에서 척추의 유연성을 검사하기 위한 쇼베르 검사는 12.5 cm로 나타났으며 이 검사는 만성 요통 환자의 허리 관절가동범위 (range of motion, ROM)를 평가하는 것으로 타당도는 중등도이며 신뢰도는 $r = .96$ 이다[14].

ODI 검사는 4점으로 나타났으며 이 검사는 요통으로 인한 일상생활에서의 기능적 수행 능력의 변화를 측정하기 위해 고안된 자가 평가 도구이다. 재검사 신뢰도 $ICC = .94$ 로 신뢰도가 높은 평가 도구이며, 내적 일관성 신뢰도는 Cronbach's $\alpha = .83$ 이다[16].

VAS 검사는 8점으로 나타났으며 이 검사는 만성 요통의 통증의 정도를 평가하는 것에 있어 중등도의 타당도를 가지고 있으며, 신뢰도는 $ICC = .84$ 이다[17].

Y balance 검사는 앞, 좌, 우 순서대로 53 cm, 48 cm, 47 cm로 나타났으며 동적 균형을 평가하는 방법이다. 평가자 내 신뢰도에 대한 ICC 범위는 0.85~0.91이고 평가자 간 신뢰도 범위는 0.99~1.00이다[17].

3. 임상적 특성

본 연구에 참여한 대상자는 개인의원에서 만성 요통으로 진단 받은 후 초기 검사에서 VAS점수 8점으로 높은 통증을 느끼고 있는 상태로, 통증으로 인한 허리의 굴곡 및 신전 가동범위의 제한이 있었으며, ODI 검사는 4점, Y balance 검사 앞, 좌, 우 순서대로 53 cm, 48 cm, 47 cm으로 나타났다.

4. 중재 방법

본 연구에서 중재로 사용된 인장력 센서 프로그램은 좌우 하지에 부하 되는 장력 값을 객관적이고 정량적으로 실시간 시각으로 제공하는 시각적 되먹임 훈련 프로그램으로, 자신의 좌우 불균형을 맞추며 대칭적인 운동을 수행할 수 있다(Figure 1). 전체적인 실험 진행은 실험 전 10분간 충분한 연습과 설명을 통해 인장력 센서



Figure 2. 인장력 센서를 이용한 안정화 운동

에 적응 할 수 있도록 하였으며, 인장력 센서를 이용한 운동을 20분간 실시하여 총 소요시간은 30분으로 하였다(Figure 2).

연구 결과

1. 쇼베르 검사, ODI, VAS, Y balance의 변화

본 연구의 중재 시의 요추의 유연성 및 기능평가, 통증, 균형의 변화는 Table 1.과 같다.

본 연구의 대상자는 인장력 센서를 이용한 요추 안정화 운동이 만성 요통 환자의 동적·정적 균형, 통증 강도, 근력, ODI에 미치는 영향을 알아보기 위해 실시하였다. 요추 안정화 운동을 회당 30분씩 주 2회 5주간 10회 적용하였으며 중재 전 과 모든 중재 후 마다 쇼베르 검사, ODI, VAS, Y balance 검사를 각각 측정하였다. 운동 전 실시한 쇼베르 검사에서 12.5 cm를 나타내었으며 1회 중재 후 13 cm, 2회 13.5 cm, 3회 13.6 cm, 4회 13.6 cm, 5회 13.7 cm, 6회 13.8 cm, 7회 14 cm, 8회 15 cm, 9회 15 cm 10회 중재 후 16 cm로 각각 증가하였다. 중재를 시작하기 전 요추의 유연성과 실험 종료 시의 유연성의 차이는 28%가량 증가하였다. 운동 전 실시한 ODI 검사에서 4점으로 나타났으며 1회 중재 후 4점, 2회 4점, 3회 4점, 4회 4점, 5회 3점, 6회 3점, 7회 3점, 8회 3점, 9회 2점, 10회 중재 후 2점으로 감소하였다. 중재를 시작하기 전 일상생활에서의 기능적 수행 능력과 실험 종료 시의 일상생활에서의 기능적 수행 능력의 차이는 50%가량 증가하였다. 운동 전 실시한 VAS 검사에서 8점으로 나타났으며 1회 중재 후 6점, 2회 4

점, 3회, 3점, 4회 3점, 5회 2점, 6회 2점, 7회 1점, 8회 1점, 9회 0점, 10회 중재 후 0점으로 각각 감소하였다. 중재를 시작하기 전 통증의 강도와 실험 종료 시의 통증의 강도의 차이는 100% 감소하였다. 운동 전 실시한 Y balance(앞) 검사에서는 53 cm를 나타냈었으며 1회 중재 후 55 cm, 2회 57 cm, 3회 57 cm, 4회 59 cm, 5회 60 cm, 6회 61 cm, 7회 63 cm, 8회 63 cm, 9회 64 cm, 10회 중재 후 65 cm로 각각 증가하였다. 중재를 시작하기 전 앞쪽의 동적 균형과 실험 종료 시의 동적 균형의 차이는 23%가량 증가하였다. 또한 운동 전 실시한 Y balance(좌) 검사에서는 48 cm를 나타냈었으며 1회 중재 후 50 cm, 2회 53 cm, 3회 54 cm, 4회 55 cm, 5회 57 cm, 6회 57 cm, 7회 58 cm, 8회 58 cm, 9회 59 cm, 10회 중재 후 60 cm로 각각 증가하였다. 중재를 시작하기 전 좌측의 동적 균형과 실험 종료 시의 동적 균형의 차이는 25%가량 증가하였다. 마지막으로 Y balance(우) 검사에서는 47 cm를 나타냈었으며 1회 중재 후 49 cm, 2회 52 cm, 3회 52 cm, 4회 52 cm, 5회 53 cm, 6회 54 cm, 7회 56 cm, 8회 56 cm, 9회 57 cm, 10회 중재 후 57 cm로 각각 증가하였다. 중재를 시작하기 전 우측의 동적 균형과 실험 종료 시의 동적 균형의 차이는 좌측 23% 가량 증가하였다.

논의

본 연구는 인장력센서를 이용한 요추 안정화 운동이 만성 요통 환자의 척추의 유연성 및 동적 균형, 통증 강도, ODI에 미치는 영향을 알아보기 위한 사례연구이다. 인장력센서를 이용한 요추 안정화운동을 5주간 시행

Table 1. The changes in lumbar flexibility, functional assessment, pain, and balance in the research participants' lumbar region.

	pre test	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Schober's test(cm)	12.5	13	13.5	13.6	13.6	13.7	13.8	14	15	15	16
ODI (point)	4	4	4	4	4	3	3	3	3	2	2
VAS (point)	8	6	4	3	3	2	2	1	1	0	0
Y balance (front/cm)	53	55	57	57	59	60	61	63	63	64	65
Y balance (left/cm)	48	50	53	54	55	57	57	58	58	59	60
Y balance (right/cm)	47	49	52	52	52	53	54	56	56	57	57

하여 중재 횡수가 증가함에 따라 척추의 유연성 및 동적 균형, 통증강도, ODI의 향상이 나타났다.

본 연구에서는 인장력센서를 이용한 요추 안정화 운동을 통해 만성 요통 환자의 척추의 유연성 증가가 나타났다. 유연성을 측정하기 위한 평가도구로 쇼베르 검사를 이용하였으며, Viitanen 등[18]의 연구에 따르면 강직성 척추염 환자에서 총 17항목의 척추 운동성 지표를 추적 관찰하였고 이 중 쇼베르 검사, 허리 좌우로 굽히기, 허리 앞으로 굽히기 등이 경추부 신전, 흉곽 확장 등과 함께 질병의 진행에 따른 장기간의 추적 관찰 평가에서 가장 적절한 측정법이라고 보고하였다. 본 연구에서 중재 전 요추의 유연성과 중재 후 유연성의 차이에서 28%가량 증가를 보였다. 이는 만성 요통환자 12명을 대상으로 8주간의 메텍스 근력운동을 통한 척추안정화 운동이 체간 굴곡의 유연성을 6.0% 증가시켰다고 보고한 KIM 등[19]의 연구 결과와도 일치하며, 이러한 긍정적인 결과는 척추의 근력 증가를 통한 안정화 운동이 요추의 유연성을 증가시킨 결과에서 기인한 것이라고 생각한다.

본 연구에서는 인장력 센서를 이용한 요추 안정화 운동을 통해 만성 요통 환자의 통증의 감소와 ODI의 개선이 나타났다. 요통의 원인은 여러 가지 요인이 명시되고 있지만, 많은 부분 요통은 요추를 지지하는 인대와 근육의 기능저하 또는 요추 자체의 장애에 의해서 발생하기 때문에 다각도에서 다루어야 하며[20], 또한 만성 요통으로 인하여 오랜 기간 동안 일상생활에 불편함을 느끼거나 생업에 종사할 수 없게 되며, 그로 인해 경제적인 어려움을 겪을 수도 있고, 자신감 결여 및 의욕 상실, 불안, 우울 등 심리적인 문제까지 겹치게 되어서 치료는 더더욱 어려워진다[21].

선행연구들에 따르면 요통은 통증을 느끼는 부위의 주변 근육들의 활동을 억제하는데, 이런 억제는 통증이 회복된 후에도 오래 지속되어 요추 주변 근육들의 근육이 위축되거나 근력이 약화될 수 있으며 근육이 위축된다면 자발적으로 회복이 되지 않는다[1]. 요통의 치료는 그 원인에 상관없이 근력의 유지와 근육의 유연성을 증진시키기 위해 초기부터 적절한 운동과 안전하고 점진적인 활동을 통해 관절, 허리 근육, 복부 근육 등의 근력을 강화시키고 일반적 신체 적응도 증진과 몸통, 하지 관절의 유연성 회복을 함으로써 요통의 회복을 도우며 완화시켜 재발을 방지할 수 있다[23]. 또한 맥켄지 운동을 이용해서 신전 강화 운동을 실시한 연구에서도, ROM이 증진되었고 통증은 감소하였다[24]. 그러므로 요통환자들에 대해 개별적인 평가, 치료는 당연히 만성적인 재발을 방지하기 위한 선택적인 운동이 필요하다고 이야기 할 수 있으며, 동적 허리 안정화 운동을 시행

한 실험군과 일반적 운동 기구를 이용하여 물리치료를 시행한 대조군을 비교한 연구결과, 실험군에서 VAS와 ODI에서 뚜렷한 개선 효과를 보고한 O'sullivan 등[25]의 보고에서도 본 연구와 일치하는 결과를 보여 요추의 안정화 운동이 통증감소에 효과적이며, 통증의 감소를 통해서 장애지수의 감소가 나타났다는 사실을 시사하고 있다.

본 연구에서는 인장력센서를 이용한 요추 안정화 운동을 통해 만성 요통 환자의 균형능력의 증가가 나타났다. 인장력 센서는 비주얼 피드백을 이용하여 좌우에 부과되는 장력 값을 객관적이고 정량적으로 확인 하여, 환자 자신의 좌우 불균형을 눈으로 확인하고 스스로 적절한 균형을 맞추어 대칭적인 교각운동을 수행할 수 있다는 장점이 있다.

본연구에서 Y balance 검사 측정 시 중재를 시작하기 전 동적 균형과 실험 종료 시의 동적 균형의 차이에서 앞 23%, 좌 25%, 우 23% 가량 증가를 보였다. Alshehri 등[26]은 만성 요통 환자에게 8주간의 척추 안정화 운동을 실시하였을 때, 척추 안정화 운동 그룹이 일반 운동 그룹보다 Y balance test에서 종합 점수가 더 높게 나타났다고 하였으며, Jung 등[27]의 연구에서도 만성 요통 환자에게 8주간의 필라테스, 요가, 코어운동 등의 체간 안정성 운동을 적용하기 전보다 체간 안정성 운동을 적용한 후 Y balance test에서 유의미한 변화가 있었다고 보고하여 본 연구의 결과를 뒷받침하고 있다. 이는 본 연구의 결과에서 확인된 바와 같이 사지를 안정적으로 움직이기 위해 담보되어야 하는 체간의 안정성의 증가에 기인한 것으로 생각되어진다.

본 연구를 통해서 인장력 센서를 이용한 요추 안정화 운동이 만성 요통 환자의 척추의 유연성, 동적균형, 통증강도, ODI에 긍정적인 변화를 가져 온 것을 알 수 있었다. 하지만 본 연구는 한명의 환자만을 대상으로 한 사례보고 이므로, 본 연구의 결과를 일반화하기는 어려울 것이다. 하지만 본 연구는 인장력 센서를 만성 요통 환자에게 중재 도구로 적용한 첫 번째 연구로 의미를 둘 수 있으며, 본연구의 결과를 통해 긍정적인 가능성을 확인할 수 있었다. 추후의 연구에서는 본 연구를 기초로 하여 인장력 센서를 통한 만성 요통환자의 요추안정화 운동의 다양한 효과에 대한 질 높은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

결론

본 연구는 인장력 센서를 이용한 요추 안정화 운동이 만성 요통 환자의 척추의 유연성 및 동적 균형, 통증 강도, ODI에 미치는 영향을 알아보기 위해 실시하였다.

본연구를 위해 인장력 센서를 이용한 요추 안정화 운동을 5주간 시행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

중재 후 대상자의 요추 유연성은 첫 측정 12.5 cm에서 중재 후 16 cm로 증가하여 요추 유연성의 증가를 나타내었으며, 통증을 측정하여 첫 측정 8에서 중재 후 0으로 감소를 보였다. ODI를 측정하여 첫 측정 4에서 중재 후 0으로 감소를 보였다. 동적 균형능력도 첫 측정에서 앞 55 cm, 좌 48 cm, 우 47 cm에서 중재 후 앞 65 cm, 좌 60 cm, 우 57 cm으로, 균형능력의 증가를 가져왔다.

본연구를 통하여 인장력 센서를 이용한 요추안정화 운동이 만성 요통 환자의 척추의 유연성 및 동적균형, 통증 강도, ODI에 긍정적인 효과 있음을 확인하였으며, 시각적 피드백이 가능한 인장력 센서의 장점을 이용하여 만성 요통환자의 효과적인 재활 중재 방법으로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

- Hides JA, Richardson CA, Jull GA. Multifidus muscle recovery is not automatic after resolution of acute, first-episode low back pain. *Spine*. 1996;21:2763-9.
- O'Sullivan PB. Lumbar segmental instability: clinical presentation and specific stabilizing exercise management. *Man Ther*. 2000;5:2-12.
- Linton SJ, van Tulder MW. Preventive interventions for back and neck pain problems: what is the evidence? *Spine*. 2001;26:778-87.
- Casazza BA. Diagnosis and treatment of acute low back pain. *Am Fam Physician*. 2012;85:343-50.
- Facci LM, Nowotny JP, Tormem F, Trevisani VFM. Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) and interferential currents (IFC) in patients with nonspecific chronic low back pain: randomized clinical trial. *Sao Paulo Med J*. 2011;129:206-16.
- Song CH, Lee ES, Kim KH. The Effects of the Chiropractic and McKenzie Method on the Cervical Range of Motion and Pain in the Elderly. *KSSS*. 2016;25:1241-52.
- May S, Donelson R. Evidence-informed management of chronic low back pain with the McKenzie method. *Spine J*. 2008;8:134-41.
- Shumway-Cook A, Woollacott MH. Theory and practical applications. *Mot Control*. 1995:89-90.
- Brumagne S, Janssens L, Janssens E, Goddyn L. Altered postural control in anticipation of postural instability in persons with recurrent low back pain. *Gait Posture*. 2008;28:657-62.
- Kim JH, Kim YE, Bae SH, Kim KY. The effect of the neurac sling exercise on postural balance adjustment and muscular response patterns in chronic low back pain patients. *J Phys Ther Sci*. 2013;25:1015-9.
- Houng IH, Ha MS. Effect of Immediate Dynamic Balance Ability of Chronic Low Back Pain on Maitland's Manual Therapy. *our. of KoCon.a*. 2009;9:207-15.
- Gatti R, Faccendini S, Tettamanti A, Barbero M, Balestri A, Calori G. Efficacy of trunk balance exercises for individuals with chronic low back pain: a randomized clinical trial. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2011;41:542-52.
- Kim DW, Kim SY, Park HJ. Effects of Bridging Exercise with Posture Tensile Force Sensor on Symmetry Electromyographic Activity of Trunk and Hip Muscles in Healthy People. *Kor J Neuromuscul Rehabil*. 2017;7:17-25.
- Rezvani A, Ergin O, Karacan I, Oncu M. Validity and reliability of the metric measurements in the assessment of lumbar spine motion in patients with ankylosing spondylitis. *Spine*. 2012;37:E1189-E96.
- Plisky PJ, Gorman PP, Butler RJ, Kiesel KB, Underwood FB, Elkins B. The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *N Am J Sports Phys Ther*. 2009;4:92.
- Grotle M, Garratt AM, Krogstad Jenssen H, Stuge B. Reliability and construct validity of self-report questionnaires for patients with pelvic girdle pain. *Phys Ther*. 2012;92:111-23.
- Boonstra AM, Preuper HRS, Reneman MF, Posthumus JB, Stewart RE. Reliability and validity of the visual analogue scale for disability in patients with chronic musculoskeletal pain. *Int J Rehabil Res*. 2008;31:165-9.
- Viitanen J, Heikkilä S, Kokko M, Kautiainen H. Clinical assessment of spinal mobility measurements in ankylosing spondylitis: a compact set for follow-up and trials? *Clin Rheumatol*. 2000;19:131-7.

19. Kim HB, Lee HS, Lee HY, Hong JH, Han GS, Kim WS, Kim GD. Effects of Gyrotonic Expansion System® Training and MedX Training on Lumbar Extension Strength, Lumbar Flexibility and Relief of Pain with Chronic Low Back Pain Patients. *KJSM*. 2009;27:127-36.
20. Hyoung HK. Effects of a Strengthening Program for Lower Back in Older Women with Chronic Low Back Pain. *J Korean Acad Nurs*. 2006;38(6):902-13.
21. Kang SY. Rehabilitation Therapy of low back pain. *J Korean Med Assoc*. 1992;35(8):968-975.
22. Lee KW. Therapeutic Exercise in Low Back Pain. *J Korean Acad Rehabil Med*. 1995;19(2):203-208.
23. Yoon EH. Comparing the Effects of Lumbar Stabilization Exercise and McKenzie Exercise on the Range of Motion and Pain of the Patient with Low Back Pain. Dankuk University, Master's thesis. 2003.
24. 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;28:1074-9.
25. Alshehre YM, Alkhathami K, Brizzolara K, Weber M, Wang-Price S. Effectiveness of Spinal Stabilization Exercises on Dynamic Balance in Adults with Chronic Low Back Pain. *Int J Sports Phys Ther*. 2023;18:173.
26. Jung J, Kim T, Kim S. The effects of trunk stability exercise on functional movement, dynamic balance ability and trunk stability in patients with chronic back pain. *JKCS*. 2020;11:245-52.