

# Effect of Neuromuscular Stabilization Exercise Program Using Whole Body Vibration on Patients with Low Back Pain

Sam-Ho Park<sup>a</sup>, Jin-Hyuk Seo<sup>a</sup>, Myung-Mo Lee<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Department of Physical Therapy, Graduate School, Daejeon University

<sup>b</sup>Department of Physical Therapy, Daejeon University

**Objective:** The purpose of this study is to investigate the effect of stabilization exercise on whole-body vibration on pain, dysfunction, psychosocial factors, balance ability, and abdominal contraction with patients with low back pain.

**Design:** A randomized controlled trial

**Methods:** A total of 34 patients with low back pain were assigned randomly to experimental group (n = 17) and control group (n = 17). Both groups underwent a neuromuscular stabilization exercise program. In addition, the experimental group implemented the neuromuscular stabilization exercise program using whole-body vibration. All interventions were applied 60 min per session, 3 times per week for total 4 weeks. Numeric Rating Scale (NRS), Korean version of Oswestry Disability Index (K-ODI), Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire (FABQ), balance ability, muscle thickness and contraction ratio were compared to evaluate the effect on intervention.

**Results:** Both groups showed significant differences in NRS, balance ability, and muscle thickness in contraction, contraction ratio before and after intervention (p < 0.05). In addition, the experimental group showed significant difference in the amount of change in NRS, balance ability and muscle thickness in contraction, contraction ratio values than the control group (p < 0.05).

**Conclusions:** Neuromuscular stabilization exercise program combined with whole-body vibration stimulation has been proven to be an effective and clinically useful method to decrease pain, dysfunction, increase balance ability, and transverse abdominis muscle thickness in contraction and contraction ratio for patients with low back pain.

**Key Words:** Back Pain, Exercise Therapy, Muscle strength, Postural balance, Vibration

## 서론

요통(low back pain, LBP)은 현대사회에 흔히 발생하는 근골격계 대표적인 질환이다[1]. 한국질병관리청(Korea Disease Control and Prevention Agency)에 의하면 현대사회가 급속도로 산업화가 진행됨에 따라 요통의 발생빈도가 증가하고 있다[2]. 또한 80%의 사람들이 일생에 한번 이상 요통을 경험하며, 1년 이내 47~84%가 재발하고 있는 것으로 나타났다[3]. 요통이 오랫동안 지속되면, 상지 및 하지 관절가동범위(range of motion, ROM)가 감소와 더불어 체간 근력과 유연성 저하로 인해 일상생활에서 여러 문제점이 발생하게 된다[4].

요통환자는 요부의 감각 조절능력이 저하되어 있어 척추의 안정성을 높이는 중립영역을 유지하는데 한계가 있다. 이로 인해 일상생활 활동 시 신체적 통증 및 피로가 증가하게 되며, 스트레스, 우울, 불안, 기능장애, 수면장애 등 심리적인 고통을 경험하게 된다[5]. 또한 통증이 오랜 기간 지속 될수록 의료비의 지출이 증가하고 노동일수를 감소시켜 경제적인 부담이 더욱 증가된다[6]. 요통의 완화는 신체활동과 깊은 상관관계가 있으며, 척추에 안정성을 향상시켜주는 운동은 치료 및 재활 방지에 있어서 효과적인 것으로 밝혀져 왔다[7]. 특히 요추부위의 복강내압의 증가로 안정성을 높이는 운동은 신체기능을 향상시켜 통증 감소에 효과적이라 하였다[8].

만성 요통환자들은 정상인에 비해 척추분절 안정성이

Received: Aug 9, 2021 Revised: Aug 29, 2021 Accepted: Aug 31, 2021

Corresponding author: Myung-Mo Lee (ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2192-1701>)

Myung-Mo Lee, Applied Science Building, 62, Daehak-ro, Dong-gu, Daejeon city [34520]

Tel: Fax: + 82-42-280-2295, E-mail: mmlee@dju.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 © 2021 Korean Academy of Physical Therapy Rehabilitation Science

감소하고, 이로 인해 균형능력이 저하된다고 하였다[9]. 척추의 안정성은 복강 내 압력 조절 및 체간 근육의 정확한 조절에 의해 형성된다[10]. 복강 내 압력을 증가시키기 위한 방법으로는 복횡근(transverse abdominis)과 다열근(multifidus), 횡격막(diaphragm) 그리고 골반저근(pelvic floor muscles) 등의 심부 근육들이 동시수축(co-contraction)을 요구하며, 이로 인해 동적 안정성을 증가시킬 수 있다[10]. 특히 척추를 올바른 위치에 잡아주는 심부근육(local muscle) 중 복횡근은 요부 안정화를 유지하는데 있어 매우 중요한 근육이다[9].

요통의 역학적인 원인 중 가장 중요한 원인은 요추부 불안정성이고[11], 이러한 불안정성으로 인한 요추부위의 불균형은 신경과 근육의 원활한 조절 능력과 협응력이 저하되어, 비대칭적이고 불안정한 자세를 형성하게 한다[12]. 자세를 조절하기 위한 운동은 척추 안정화 운동이 효과적이라 제시되고 있다[13]. 척추 안정화 운동은 복부와 심부 근육의 적절한 수축으로 중립자세를 유지하여, 요추부위의 주변 조직을 강화하고 다열근과 복횡근의 감각운동 조절 능력을 향상시킬 수 있다[14]. 척추 안정화 운동의 목적은 근육의 조화로운 움직임 조절을 통하여 회복을 시키는 것이며, 이에 따라 요통환자의 재활에 필수적인 요소로 자리매김하고 있다[15].

전신진동(whole body vibration, WBV)운동은 골밀도의 향상, 혈류량의 증가, 산소섭취량 감소 등 인체 대부분의 모든 기관에 긍정적인 영향을 미친다고 하였다[16]. 전신진동운동 적용 시 위치나 자세, 진폭 등은 근육을 강화시켜 줄 뿐만 아니라 요추의 안정성에도 영향을 미친다고 하였다[17]. 또한 진동자극 시 촉각과 고유수용감각에 영향을 미쳐 자세 안전성 제어능력에 긍정적인 효과가 있다고 하였다[18]. Ibrahim 등[19]은 진동 감각 자극은 신체의 감각 시스템을 자극하여 근 수축을 활성화하고 요통으로 인한 기능장애의 회복을 도와 통증을 감소시키고 신경근 조절 능력을 회복시킨다고 하였다.

선행 논문에도 요통 치료를 위한 다양한 안정화 운동 방법들이 소개되고 있음에도 불구하고 요통환자에게 전신진동 운동을 병행하여 안정화 운동을 적용시킨 논문은 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 요통환자를 대상으로 전신진동(WBV)을 통한 안정화 운동이 요통 환자의 통증(Numeric rating scale, NRS) 수준, 기능장애(Korean version of Oswestry disability index, K-ODI) 수준, 심리사회적 요인(Fear-Avoidance beliefs questionnaire, FABQ), 균형능력, 그리고 복횡근 두께 및 수축비에 미치는 효과에 대해 알아보고, 요통 예방 및 운동 프로그램 구성에 대한 기초자료를 제시하는데 목적이 있다.

본 연구의 목적에 따라 다음과 같은 가설을 설정하였다. 첫째, 신경근 안정화 운동을 실시한 대조군은 중재 전·

후 통증 수준, 기능장애 수준, 심리사회적 요인, 균형능력 그리고 복횡근 두께 및 수축비에 유의한 차이가 있을 것이다.

둘째, 전신진동자극을 병행하여 신경근 안정화 운동을 실시한 실험군은 중재 전·후 통증 수준, 기능장애 수준, 심리사회적 요인, 균형능력 그리고 복횡근 두께 및 수축비에 유의한 차이가 있을 것이다.

셋째, 두 군 간 중재 전·후 통증 수준, 기능장애 수준, 심리사회적 요인, 균형능력 그리고 복횡근 두께 및 수축비에 유의한 차이가 있을 것이다.

## 연구방법

### 연구 대상자

본 연구는 D광역시에 위치한 P병원에 요통으로 인하여 외래 치료중인 환자를 대상으로 연구의 목적과 방법에 대한 설명을 들은 후 참여의사를 밝힌 63명을 대상으로 하였다. 대상자의 선정조건은 6주 이내 요통을 경험한 자, 통증수준(NRS) 3점 이상인 자, 전정기관에 문제가 없는 자, 한 발 서기가 30초 이상 가능한 자, 중재 참여율이 80% 이상인 자로 하였으며, 압박골절로 인한 요통환자, 신경계의 이상 증상으로 연구 중재 참여가 어려운 자, 신장 또는 간질환 문제를 가진 자, 하지의 정형 외과적 문제가 있는 자는 제외하였다. 연구에 참여한 모든 대상자들에게 자발적으로 연구 참여동의서에 서면으로 동의를 얻은 후 실험을 실시하였다. 본 연구는 대전대학교 생명연구윤리위원회 회심의 승인(1040647-202012-HR-001-01)을 받은 후 진행하였다.

### 연구 절차

본 연구는 사전사후 대조군 연구설계이다. 대상자 수 선정을 위하여 G\*power(ver. 3.1.9.2, University of Kiel, Germany) 프로그램을 이용하였으며, Zheng 등[20]의 연구결과와 main effect size (d); 0.96로 가정하고, 유의수준( $\alpha$ )는 0.05, power( $1-\beta$ )=0.8로 하여 군 간 15명, 대상자가 필요하였으며, 중도 탈락률을 10%로 고려하여 군 간 최소 인원은 17명으로 하였다[21]. 모집된 대상자 63명 중 통증수준(NRS)이 2점 이하인 자(n=16), 한 발 서기가 30초 이하인 자(n=13)로 인하여 총 29명이 탈락하였다. 선정기준에 적합한 대상자 총 34명을 대상으로 무작위 번호 생성프로그램을 이용하여 실험군(n=17)과 대조군(n=17)으로 배정하였다. 실험군에서는 전신진동자극을 병행한 신경근 안정화 운동프로그램을 실시하였으며, 대조군에서는 신경근 안정화 운동프로그램을 실시하였다. 중재 전과 후 독립변수에 따른 종속변수의 효과를

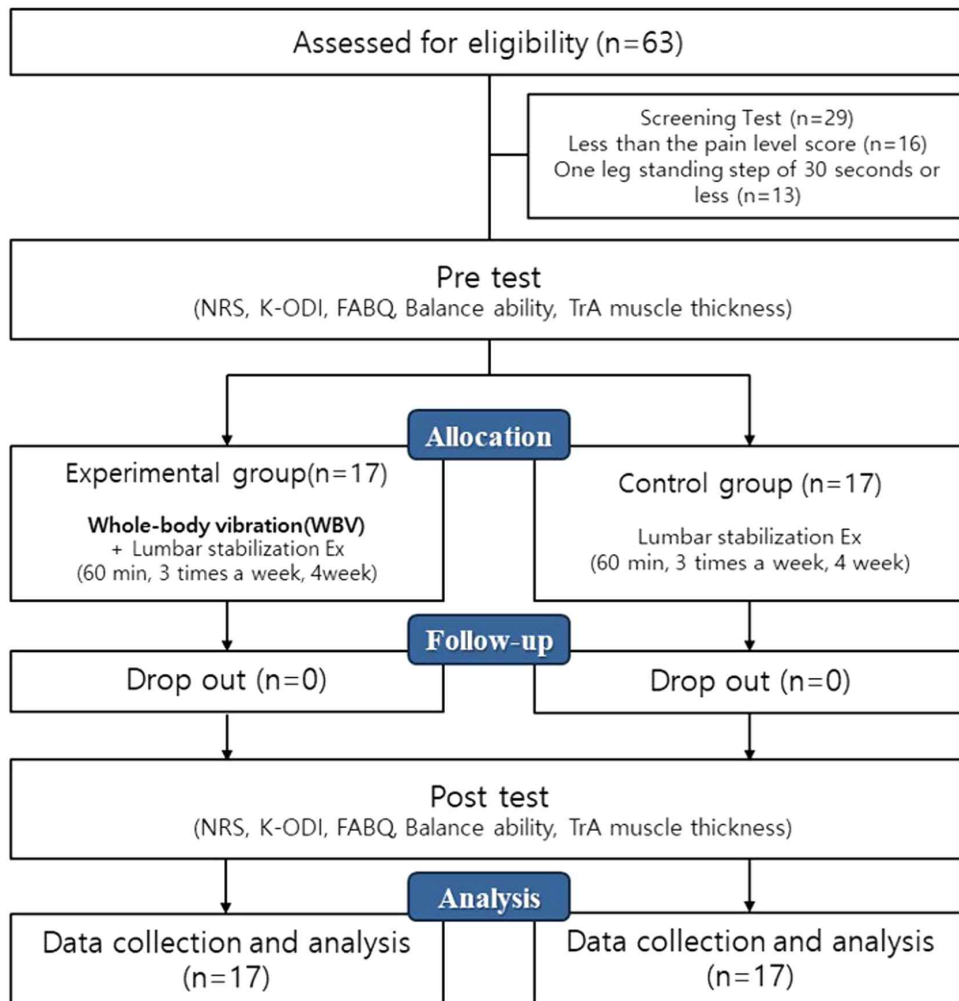


Figure 1. CONSORT Flow chart

비교하기 위하여 통증(NRS), 기능장애(K-ODI), 심리사회적 수준(FABQ), 균형능력, 복횡근의 두께 및 수축비를 사전, 사후 측정하였다. 모든 대상자는 자신이 속한 군에 대한 정보를 알지 못한 채 중재에 임하였으며, 모든 평가는 근골격계 7년 이상 근무한 물리치료사에 의해 진행하였다. 본 연구의 절차는 다음과 같다(Figure 1).

**중재방법**

두 군 모두 실시한 신경근 안정화 운동프로그램은 Jean-Alexandre Boucher 등[22]의 중재프로그램을 수정, 보완 하였다. 중재 전과 후에 준비 운동과 마무리 운동의 목적으로 스트레칭을 10분씩 적용하였으며, 각 운동프로그램마다 20초씩 5회 5세트를 실시하였으며, 세트 간 20초간의 휴식을 제공하였다. 각 동작 중간에 1분 휴식을 제공하였으며, 약 60분/1회, 주 3회로 4주간 중재를 적용하였다.

**신경근 안정화 운동프로그램**

두 군 모두에게 실시한 신경근 안정화 운동프로그램은 체간 근육의 전, 후, 측방의 안정화를 돕기 위하여 고안된 운동으로 스쿼트(squat), 런지(lunge), 플랭크(flank), 옆으로 플랭크(side flank), 브릿지(bridge), 무릎 펴고 브릿지(bridge with knee extension) 동작으로 구성하였다. 실험군은 진동판(plate) 위에서 실시하였으며, 대조군은 진동판 높이에 맞춘 발판을 추가하여 동일한 높이에서 운동을 실시하도록 통제하였다.

**전신진동자극을 병행한 신경근 안정화 운동프로그램**

실험군에게 실시한 전신진동자극을 병행한 신경근 안정화 운동프로그램을 실시하였다. 전신진동기(SW-VH11, Sonic world, Korea)는 진동이 상·하 수직으로 발생하는 진동판 위에서 외부 저항 없이 자신의 체중으로 다양하게

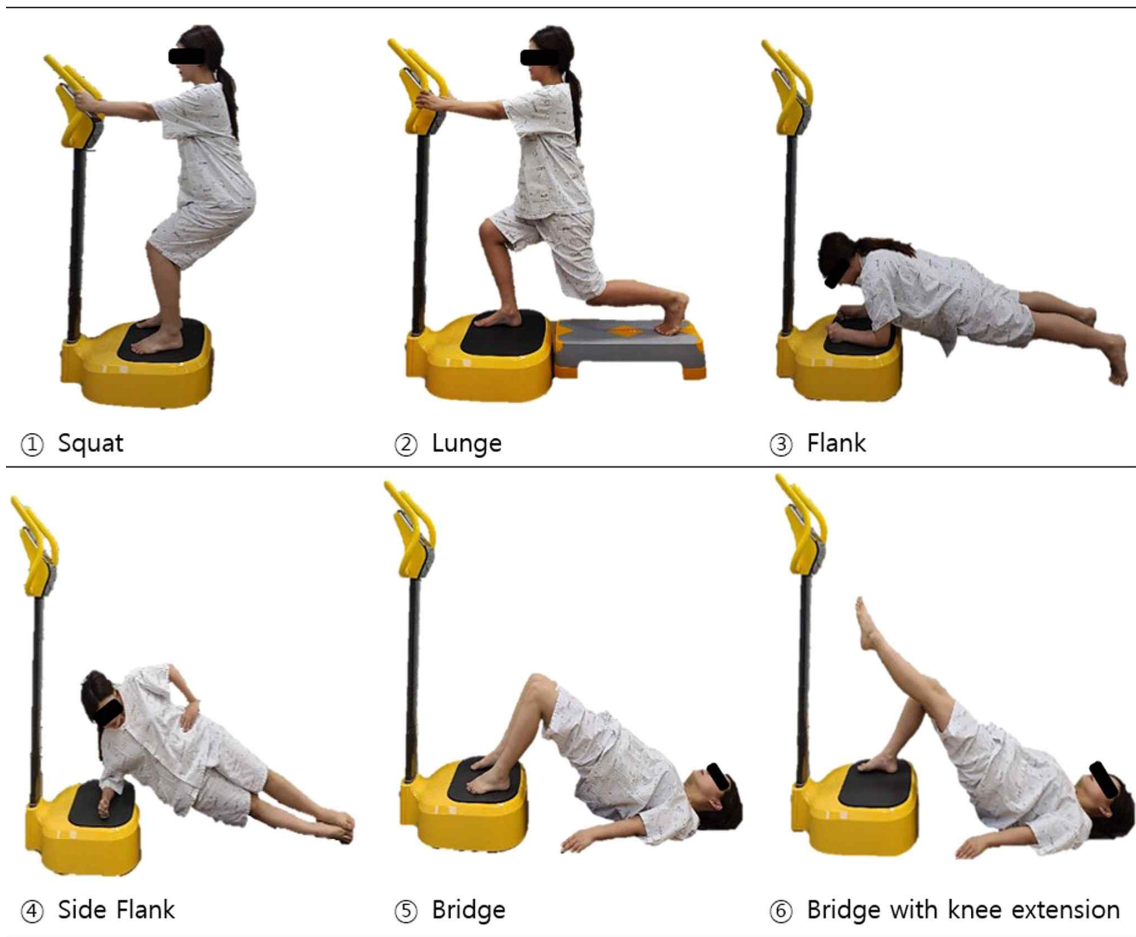


Figure 2. Whole body vibration exercise program

정적, 동적인 자세로 운동을 실시 할 수 있는 방법이다 [23]. 진동형태는 진동판에서 인체방향으로 수직으로 전달하는 형태로 음파강도는 8단계로 조절이 가능하고, 주파수는 4~30Hz까지 제공된다. 또한 최대 130kg의 무게까지 사용이 가능하고, 가속도 제어가 가능하여 젊은 사람이나 노인, 환자에 이르기까지 안전하게 사용할 수 있는 장비이다. 안전사고를 예방하기 위하여 물리치료사의 보조하에 운동을 수행하였으며, 구체적인 전신진동자극을 병행한 신경근 안정화 운동프로그램은 다음과 같다(Figure 2).

측정방법 및 도구

통증수준

중재에 따른 대상자의 통증수준을 알아보기 위해 숫자 통증척도(NRS)를 사용하여 중재 전, 후 를 평가하였다. 이 평가는 설문지 형태로 환자에게 0점은 ‘통증 없음’, 5점은 ‘중등도의 통증’, 10점은 ‘참을 수 없을 정도의 통증’을 의미한다. 측정당시의 요통의 정도를 설문지를 사용하여

측정하였으며, 이 평가의 검사자 내 신뢰도가 0.61이며, 타당도가 높다[24].

기능장애 수준

중재에 따른 대상자의 기능장애 수준을 알아보기 위하여 Korean version of Oswestry Disability Index을 이용하여 측정하였다. 이 평가는 총 9개 항목으로 구성되어 있으며, 각각 6점 척도로 범위는 0점에서 최대 5점으로 총점 45점이다. K-ODI의 신뢰도는 r=0.92로 높은 수준이다[25].

심리사회적 요인

중재에 따른 대상자의 심리사회적 요인을 알아보기 위하여 공포회피반응(FABQ)를 사용하였다. 이 평가는 신체적 활동과 관련된 FABQ-Physical Activity 5항목과 일과 관련된 FABQ-Work 11항목으로 구성되어 있다. 7점 척도로 0점은 “동의하지 않음”, 6점은 “완벽하게 동의함”으로 자기 기입식 설문지이다. Joo 등[25]이 제시한 한국판

공포회피반응 설문지를 사용하였으며, 이 검사의 신뢰도는 0.95로 높은 수준이다.

### 균형능력

중재에 따른 대상자의 균형능력을 알아보기 위하여 Will balance board(Nintendo, Kyoto, Japen, WBB)로 측정하였다. 플랫폼 형태의 WBB 위에 바로 선 자세에서 대상자의 무게중심(center of pressure, CoP) 변화, 이동거리(path length)와 이동속도(velocity), 이동면적(area)을 산출하였다. 3회 반복 측정한 평균값을 발란시아 프로그램(Balancia software, Mintosys, Korea)을 이용하여 데이터를 수집하였다. WBB의 측정자 내 신뢰도는 ICC = 0.92-0.98로 높고[26], 발란시아 프로그램은 검사자 간 신뢰도( $r=0.79-0.96$ )와 타당도( $r=0.85-0.96$ )가 검증된 유용한 평가 도구이다[27].

### 복횡근 두께 및 수축비

중재에 따른 대상자의 복횡근의 두께를 측정하기 위하여 초음파 장비(Mysono U6, Samsung, Korea)를 사용하여 측정하였다. 복횡근의 두께를 측정하기 위한 가장 적절한 위치로는 배꼽을 기준으로 평행한 선을 그리고, 2.5cm 외측으로 이동한 위치에 3.5MHz 선형 탐촉자(convex transducer)를 위치하여 측정하였다. 측정은 이완된 자세와 수축한 자세를 각각 측정하였으며, 이완된 자세를 기준으로 수축된 복횡근의 두께를 수축비=(수축 시 두께/이완 시 두께/이완 시 두께)\*100로 환산하였다. 이 평가의 검사-재검사(test-retest) 신뢰도가 높으며(ICC=1.00-1.00), 검사자 간 신뢰도 또한 높다(ICC=0.91-0.96)[28].

### 자료분석

본 연구의 수집된 자료분석은 SPSS(ver. 25.0, IBM Co., USA)를 이용하였다. 대상자의 일반적 특성은 기술 통계하여 평균과 표준편차 값으로 제시하였다. Shapiro-Wilk test를 사용하여 정규성 검정을 실시하였으며, 모든 결과

의 변수는 정규 분포를 확인하였다. 그룹 간 동질성 검정을 위해 카이제곱 검정과 독립표본 t-test를 통해 분석하였다. 그룹 간 중재결과를 비교하기 위하여 독립표본 t-검정과 카이 제곱 검정으로 확인하였으며, 그룹 내 종속 변수를 비교하기 위하여 대응표본 t-검정을 사용하여 분석하였다. 통계학적 유의수준은  $p < 0.05$ 로 설정하였다.

### 연구결과

본 연구에 참여한 총 34명을 대상으로 실험군 17명과 대조군 17명의 데이터가 수집되었으며, 대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같으며, 사전검사서에서 두 군간 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

NRS, K-ODI, FABQ는 두 군 모두 사전검사 결과 유의한 차이가 없었으며, 두 군 모두 중재 전과 후 유의한 향상이 나타났다( $p < 0.05$ ). 또한 통증수준은 실험군에서 대조군에 비해 유의한 감소가 나타났다( $p < 0.05$ )(Table 2).

균형능력과 복횡근의 근 두께에서는 두 군 모두 사전검사 결과 유의한 차이가 없었으며, 균형능력에서는 두 군 모두 유의한 향상이 나타났다( $p < 0.05$ ). 또한 균형능력에서는 대조군에 비해 실험군에서 유의한 향상이 나타났다( $p < 0.05$ ). 복횡근의 수축 시 근두께와 수축비 실험군에서 유의한 향상이 있었으며, 대조군에 비해 실험군에서 유의한 향상이 나타났다( $p < 0.05$ )(Table 3).

### 고찰

본 연구에서는 전신진동자극을 병행한 신경근 안정화 운동프로그램이 요통환자에게 미치는 영향을 알아보기 위하여 실시하였다. 그 결과로는 운동프로그램에 참여한 모든 대상자들은 통증 수준과 기능장애 수준, 심리사회적 요인, 그리고 균형 능력이 유의하게 향상되는 공통된 결과를 확인할 수 있었다. 이에 더하여 전신진동자극을 병행하여 신경근 안정화 운동을 실시한 실험군의 경우, 대

Table 1. General characteristics

(n = 34)

	Experimental group (n=17)	Control group (n=17)	$t/x^2$	p
Sex (male/female)	9/8	8/9	-0.333	0.741
Age (year)	42.18 (13.60)	39.41 (12.82)	0.610	0.546
Height (cm)	170.06 (9.54)	166.50 (17.53)	0.745	0.462
Weight (kg)	68.25 (17.91)	66.50 (17.53)	0.288	0.775
Onset (month)	16.24 (3.36)	17.24 (3.90)	-0.801	0.429

The values are presented as mean (SD)

**Table 2.** Comparison of before and after the intervention between groups (n=34)

		Experimental group (n=17)	Control group (n=17)	t(p)
NRS (point)	Pre	6.71 (0.59a)	6.59 (0.62)	0.569 (0.574)
	Post	4.29 (0.92)	5.06 (1.09)	
	Post-pre	-2.41 (1.18)	-1.53 (1.28)	3.273 (0.005)*
	t(p)	-8.458 (0.000)*	-4.925 (0.000)*	
ODI (score)	Pre	17.65 (3.98)	18.76 (2.46)	-0.984 (0.333)
	Post	9.88 (1.50)	11.53 (2.37)	
	Post-pre	-7.76 (3.38)	-7.24 (2.59)	0.685 (0.503)
	t(p)	-9.465 (0.000)*	-11.533 (0.000)*	
FABQ-PA (score)	Pre	20.41 (2.65)	19.23 (2.22)	1.403 (0.170)
	Post	10.59 (2.03)	11.18 (2.98)	
	Post-pre	-9.82 (3.07)	-8.06 (4.32)	1.443 (0.168)
	t(p)	-13.208 (0.000)*	-7.687 (0.000)*	
FABQ-W (score)	Pre	36.82 (3.15)	36.71 (3.50)	0.103 (0.919)
	Post	21.35 (3.33)	20.18 (2.96)	
	Post-pre	-16.07 (5.72)	-16.92 (5.06)	-0.345 (0.736)
	t(p)	-11.868 (0.000)*	-13.980 (0.000)*	
FABQ-total (score)	Pre	56.29 (4.37)	55.94 (4.25)	0.239 (0.813)
	Post	31.94 (3.86)	31.06 (2.46)	
	Post-pre	-24.35 (6.82)	-24.88 (5.57)	-0.313 (0.758)
	t(p)	-14.726 (0.000)*	-18.431 (0.000)*	

The values are presented mean (SD)

NRS: numeric rating scale, K-ODI: Korean version of oswestry disability index, FABQ: Korean version of fear-avoidance beliefs questionnaire, PA: physical activity, W: work.

\*p < 0.05

조균에 비하여 통증, 균형, 그리고 복횡근의 두께 및 수축 비에서 더 유의한 변화를 나타내었다(p < 0.05).

전신진동 운동은 스포츠 분야와 물리치료 분야에서 꾸준히 관심을 받고 있는 훈련법 중 하나로, 인체에 부담을 주지 않고, 특정한 외부의 하중 없이 정량적으로 중력을 조절하여 근기능을 향상시킬 수 있다[29]. 또한 Yang 등[30]은 전신진동자극은 통증의 완화 및 기능 개선을 향상시킬 수 있다고 보고하였다. Ritzmann 등[31]은 전신진동자극 시 20Hz 이하의 주파수는 근육의 과도한 이완을 유발할 수 있으며, 50Hz 이상의 주파수는 근육통을 유발할 수 있다고 하였다. 이에 따라 전신진동자극시 20~50Hz의 주파수 사용을 제안하였다. 또한 Di Giminiani 등[32]은 전신진동자극 시 30Hz의 주파수를 사용하였을 때 가장 높은 근활성도를 보고하였다. 이에 따라 본 연구에서

도 근활성도에 가장 높은 주파수인 30Hz를 사용하였다.

요추부 기능 저하는 만성요통 환자들의 통증과 요추부 근육의 피로도 증가로 이어질 수 있으며 요통 개선을 위해서는 요추부 근력의 강화가 필수적인 것으로 알려져 있다[33]. Park과 Lee[13]는 요추부 불안정성이 있는 요통 환자를 대상으로 점진적 신경근 안정화운동프로그램을 실시한 결과 실험에 참여한 대상자 모두 중재 전, 후 통증수준이 유의하게 감소하였다고 하였다(d=0.89, p < 0.05). 또한 Rittweger 등[34]은 만성 요통 환자 60명을 대상으로 진동운동을 적용한 결과, 통증 감소와 신경근 조절능력이 향상되었음을 보고하였다(d=0.07, p < 0.05). 본 연구에서도 실험에 참여한 대상자 모두 중재 전, 후 통증수준이 유의하게 감소하였으며, 대조군에 비하여 전신진동자극을 병행한 신경근 안정화 운동을 실시한 실험군에서

**Table 3.** Comparison of before and after the intervention between groups

(n=34)

		Experimental group (n=17)	Control group (n=17)	t(p)	
CoP velocity (cm/s)	Pre	4.56 (0.70a)	4.47 (0.79)	0.351 (0.727)	
	Post	3.51 (0.61)	4.02 (0.71)		
	Post-pre	-1.05 (0.84)	-0.45 (0.57)		2.189 (0.044)*
	t(p)	-5.124 (0.000)*	-3.261 (0.005)*		
CoP length (cm)	Pre	140.65 (19.38)	138.93 (15.68)	0.285 (0.778)	
	Post	117.29 (12.27)	132.08 (12.26)		
	Post-pre	-23.36 (19.26)	-6.85 (11.20)		2.781 (0.013)*
	t(p)	-5.002 (0.000)*	-2.522 (0.023)*		
CoP area (cm <sup>2</sup> )	Pre	9.77 (2.21)	8.85 (2.24)	1.209 (0.235)	
	Post	5.89 (2.56)	7.30 (2.35)		
	Post-pre	-3.89 (2.45)	-1.55 (1.87)		2.898 (0.010)*
	t(p)	-6.534 (0.000)*	-3.429 (0.003)*		
Muscle thickness in contraction (mm)	Pre	0.36 (0.06)	0.34 (0.04)	1.164 (0.253)	
	Post	0.39 (0.07)	0.34 (0.06)		
	Post-pre	0.03 (0.05)	0.00 (0.04)		-2.281 (0.037)*
	t(p)	2.796 (0.013)*	.260 (0.798)		
Muscle thickness in resting (mm)	Pre	0.27 (0.03)	0.26 (0.02)	1.173 (0.250)	
	Post	0.28 (0.03)	0.27 (0.04)		
	Post-pre	0.01 (0.01)	0.01 (0.02)		0.726 (0.478)
	t(p)	1.000 (0.332)	1.496 (0.154)		
Contraction ratio	Pre	1.31 (0.21)	1.28 (0.17)	0.444 (0.660)	
	Post	1.42 (0.24)	1.26 (0.24)		
	Post-pre	0.10 (0.21)	-0.24 (0.14)		-2.168 (0.046)*
	t(p)	1.973 (0.066)	-0.700 (0.494)		

The values are presented mean (SD)

CoP: center of pressure.

\*p<0.05

더욱 유의하게 감소하였다( $d=0.89$ ,  $p<0.05$ ). 이는 전신 진동자극으로 인해 고유수용성 감각을 자극하여 신경근 조절능력을 향상시켜 통증 감소에 긍정적인 효과를 준 것으로 사료된다.

이와 같이 신경근 안정화 운동프로그램은 요통의 감소와, 일상생활에서 신체활동 시 요통에 대한 불편감을 감소시켜, 운동 기능 향상에 기여한다. Niemistö 등[35]의 연구에서도 요통환자 204명을 대상으로 12개월 간의 체간안정화 운동을 적용 뒤 요통장애지수에서 유의하게 감소하였다고 보고하였다( $p<0.05$ ). 또한 Pozo-Cruz 등[36]은 만성 요통환자 50명을 대상으로 전신진동 자극을 병행

한 운동을 적용한 후 16.5%의 통증의 개선과 9.3%의 요통장애지수의 완화를 보고하였다. 본 연구에서는 한국 문화의 특성을 고려하여 성 생활 문항을 제외한 45점을 기준으로 실시하였으며, 그 결과로는 두 군 모두 중재 전, 후 유의하게 감소하였으나( $p<0.05$ ), 두 군 간 전·후 차이가 유의하지는 않았다. 이는 두 군 모두 요통에 효과적이라고 검증된 신경근 안정화 운동프로그램을 적용하였으며, 4주라는 짧은 중재 기간으로 인해 군 간 유의한 차이는 없었다고 생각된다.

요통이 발생하게 되면 통증으로 인하여 손상에 대한 두려움이 발생하게 되며, 더불어 움직임에 대한 두려움도

나타나게 된다[11]. Seo와 Kim[37]은 요추 불안정성을 가진 환자들에게 요부 안정화운동을 적용 후 기능장애 수준이 감소하였으며, 심리사회적 수준도 유의하게 향상되었다고 하였다( $p < 0.05$ ). 또한 Park과 Lee[11]는 요추부 불안정성을 가지고 있는 요통환자에게 호흡저항을 병행한 점진적 안정화 운동을 실시한 결과 심리사회적 수준이 유의하게 향상되었다고 보고하였다( $p < 0.05$ ). 이에 본 연구에서는 심리사회적 수준 결과 두 군 모두 중재 전·후 향상되었으나( $p < 0.05$ ), 두 군간 차이가 나타나지 않았다. 이는 연구에 참여한 대상자들 모두 자신이 속한 운동프로그램에 대한 정보를 알지 못하였으며, 두 군 모두 신경근 안정화 운동프로그램을 통하여 통증이 감소되었기 때문에 심리적인 요인이 작용하였을 것이라 사료된다.

전신 진동자극은 근육이나 건에 구심성 신경 경로에 영향을 미쳐 균형능력에 긍정적인 효과가 있다고 하였다[38]. 또한 Park과 Lee[13]은 고도비만이 있는 요통환자를 대상으로 불안정한 지지면에서 신경근 안정화 운동을 실시한 결과, 이동거리( $d=0.48$ )와 이동속도( $d=0.57$ ), 이동면적( $d=0.46$ )에서 유의한 향상이 나타났다고 보고하였다( $p < 0.05$ ). 본 연구에서도 두 군 모두 균형능력이 중재 전, 후 통계적으로 유의하게 향상되었으며( $p < 0.05$ ), 군간 차이는 전신 진동자극을 병행하여 신경근 운동을 실시한 실험군에서 대조군에 비하여 이동거리( $d=0.58$ )와 이동속도( $d=0.62$ ), 이동면적( $d=0.63$ )에서 유의한 향상이 나타났다고 보고하였다( $p < 0.05$ ). 이러한 결과를 토대로 전신 진동자극을 병행한 운동은 신경근 자극을 통하여 균형을 유지하기 위한 심부근육의 활성화와 더불어 자세조절에 있어서도 긍정적인 효과가 있다고 사료된다.

Park과 Lee[13]은 안정한 지지면에 비해 불안정한 지지면에서 실시한 운동이 복부근육의 근 활성도를 더욱 증가시킨다고 하였으며, 만성 요통환자는 체간 안정화를 유지하는 심부 근육의 약화로 요추부 불안정성이 발생한다고 하였다[14,39]. 또한 Park과 Lee[13]은 고도비만이 있는 요통환자를 대상으로 불안정한 지지면에서 신경근 안정화 운동을 실시 후 복횡근의 수축 시 근 두께( $d=0.20$ ) 및 수축비( $d=0.17$ )에서 유의한 향상이 나타났다고 하였다( $p < 0.05$ ). 본 연구에서도 전신진동자극을 병행한 신경근 안정화 운동프로그램을 적용한 실험군에서 복횡근 두께( $d=0.22$ ) 및 수축비( $d=0.24$ )가 향상되는 동일한 결과를 얻었다( $p < 0.05$ ). 이는 전신진동자극은 운동 시 불안정한 지지면을 형성하여 자세 안정화를 위한 체간의 심부 안정화 근육들이 더 많이 동원되어 지속적인 변화에 대응하기 위하여 활성화 된 것으로 사료된다.

본 연구의 제한점으로는 첫째, 총 4주간의 짧은 중재기간으로 중재 후에 추적관찰을 통한 진동자극의 지속적인 운동의 효과를 알 수는 없다. 둘째, 본원에 내원한 외래환자를 대상으로 하여 중재 기간 동안 대상자의 일상생활 통제에 어려움이 있었다. 셋째, 플랭크시에는 상체쪽으로 진동이 가해져 간혹 어지러움을 호소하는 환자들이 발생되어 충분한 휴식시간이 필요하였다. 향후 본 연구의 제한점들을 보완하고, 서로 다른 주파수에 따른 전신진동자극을 병행한 신경근 안정화 운동프로그램의 효과를 비교하는 연구를 제안하는 바이다.

## 결론

본 연구는 전신진동자극을 병행한 신경근 안정화 운동이 요통환자에게 미치는 영향에 대해 알아보고자 진행하였으며, 그 결과로는 전신진동자극을 이용하여 신경근 안정화 운동을 실시한 실험군에서 통증의 감소, 정적인 균형 능력의 향상과 복횡근의 수축 시 근 두께 및 수축비의 유의한 향상이라는 결과가 나타났다. 이러한 결과를 토대로 전신진동자극을 이용한 신경근 안정화 운동은 요통환자의 재활을 위한 효과적인 운동프로그램이라고 할 수 있다.

## 이해 충돌

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

## 참고문헌

1. Hayden JA, Van Tulder MW, Malmivaara AV, Koes BW. Meta-analysis: exercise therapy for nonspecific low back pain. *Annals Inter Med.* 2005;142:765-75.
2. So JM, Lee CK. A Fatigue Analysis on Lumbar Extension Muscle during Repeated Trunk Extension Exercise for Chronic Lumbar Pain. *Korean J Sport Biomechanics* 2006;16:159-66.
3. Stanton TR, Henschke N, Maher CG, Refshauge KM, Latimer J, McAuley JH. After an episode of acute low back pain, recurrence is unpredictable and not as common as previously thought. *Spine.* 2008;33:2923-8.
4. Kwag K, Choi H, Kim J. The effects of lumbar



- stabilization exercise on depression and functions in elderly women with low back pain. *Journal of the Korea Entertainment Industry Association*. 2013;7(2):117-23.
5. Bailly F, Foltz V, Rozenberg S, Fautrel B, Gossec L. The impact of chronic low back pain is partly related to loss of social role: a qualitative study. *Joint Bone Spine*. 2015;82(6):437-41.
  6. Melloh M, Röer C, Elfering A, Theis JC, Müller U, Staub LP, et al. Differences across health care systems in outcome and cost-utility of surgical and conservative treatment of chronic low back pain: a study protocol. *BMC musculoskeletal disorders*. 2008;9(1):1-9.
  7. 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.
  8. Wang XQ, Zheng JJ, Yu ZW, Bi X, Lou SJ, Liu J, et al. A meta-analysis of core stability exercise versus general exercise for chronic low back pain. *PLoS one*. 2012;7(12):52082.
  9. Hamaoui A, Do MC, Bouisset S. Postural sway increase in low back pain subjects is not related to reduced spine range of motion. *Neuroscience letters*. 2004;357(2):135-8.
  10. Frank C, Kobesova A, Kolar P. Dynamic neuromuscular stabilization & sports rehabilitation. *International J Sports Phys Ther*. 2013;8(1):62.
  11. Park SH, Lee MM. Effects of a progressive stabilization exercise program using respiratory resistance for patients with lumbar instability: A randomized controlled trial. *Med Sci Monit: international medical journal of experimental and clinical research* 2019;25:1740.
  12. O'Sullivan PB. Lumbar segmental instability: clinical presentation and specific stabilizing exercise management. *Manual therapy*. 2000;5(1):2-12.
  13. Park SH, Lee MM. Effects of progressive neuromuscular stabilization exercise on the support surface on patients with high obesity with lumbar instability: A double-blinded randomized controlled trial. *Medicine* 2021;100(4).
  14. Oh YJ, Park SH, Lee MM. Comparison of effects of abdominal draw-in lumbar stabilization exercises with and without respiratory resistance on women with low back pain: a randomized controlled trial. *Med Sci Monit*. 2020;26:921295.
  15. Gribble PA, Tucker WS, White PA. Time-of-day influences on static and dynamic postural control. *Journal of athletic training* 2007;42(1):35.
  16. Kang SR, Jeong GY, Bae JJ, Min JY, Yu CH, Kim JJ, et al. Effect of muscle function and muscular reaction of knee joint in the twenties on the whole body vibration exercise. *Journal of the Korean Society for Precision Engineering* 2013;30(7):762-8.
  17. Sánchez-Zuriaga D, Vera-Garcia FJ, Moreside JM, McGill SM. Trunk muscle activation patterns and spine kinematics when using an oscillating blade: influence of different postures and blade orientations. *Archives of physical medicine and rehabilitation* 2009;90(6):1055-60.
  18. Unger M, Jelsma J, Stark C. Effect of a trunk-targeted intervention using vibration on posture and gait in children with spastic type cerebral palsy: a randomized control trial. *Developmental neuro-rehabilitation* 2013;16(2):79-88.
  19. Ibrahim MM, Eid MA, Moawd SA. Effect of whole-body vibration on muscle strength, spasticity, and motor performance in spastic diplegic cerebral palsy children. *Egyptian J Med Human Genetics* 2014;15(2):173-9.
  20. Zheng YL, Wang XF, Chen BL, Gu W, Wang X, Xu B, et al. Effect of 12-week whole-body vibration exercise on lumbopelvic proprioception and pain control in young adults with nonspecific low back pain. *Med Sci Monit: international medical journal of experimental and clinical research* 2019;25:443.
  21. Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G\* Power 3: A flexible statistical power analysis pro-

- gram for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior research methods* 2007;39(2): 175-191.
22. Boucher JA, Preuss R, Henry SM, Dumas JP, Larivière C. The effects of an 8-week stabilization exercise program on lumbar movement sense in patients with low back pain. *BMC musculoskeletal disorders* 2016;17(1):1-8.
  23. Roelants M, Delecluse C, Verschueren SM. Whole-body vibration training increases knee extension strength and speed of movement in older women. *Journal of the American Geriatrics Society* 2004;52(6):901-8.
  24. Maher CG, Latimer J, Hodges PW, Refshauge KM, Moseley GL, Herbert RD, et al. The effect of motor control exercise versus placebo in patients with chronic low back pain [ACTRN012605000262606]. *BMC musculoskeletal disorders* 2005;6(1):1-8.
  25. Joo MK, Kim TY, Kim JT, Kim SY. Reliability and validity of the Korean version of the fear-avoidance beliefs questionnaire. *Phys Ther Korea*. 2009;16(2): 24-30.
  26. Holmes JD, Jenkins ME, Johnson AM, Hunt MA, Clark RA. Validity of the Nintendo Wii® balance board for the assessment of standing balance in Parkinson's disease. *Clinic Rehabil*. 2013;27(4):361-6.
  27. Park DS, Lee DY, Choi SJ, Shin WS. Reliability and validity of the balancia using wii balance board for assessment of balance with stroke patients. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society* 2013;14(6):2767-72.
  28. Teyhen DS, Miltenberger CE, Deiters HM, Del Toro YM, Pulliam JN, Childs JD, et al. The use of ultrasound imaging of the abdominal drawing-in maneuver in subjects with low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2005;35(6):346-55.
  29. Cochrane DJ. The potential neural mechanisms of acute indirect vibration. *J Sport Sci Med*. 2011; 10(1):19.
  30. Yang J, Seo D. The effects of whole body vibration on static balance, spinal curvature, pain, and disability of patients with low back pain. *J Phys Ther Sci*. 2015;27(3):805-8.
  31. Ritzmann R, Gollhofer A, Kramer A. The influence of vibration type, frequency, body position and additional load on the neuromuscular activity during whole body vibration. *Euro J Appli Physio*. 2013;113(1):1-11.
  32. Di Giminiani R, Masedu F, Tihanyi J, Scrimaglio R, Valenti M. The interaction between body position and vibration frequency on acute response to whole body vibration. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2013;23(1):245-51.
  33. Kankaanpää M, Colier WN, Taimela S, Anders C, Airaksinen O, Kokko-Aro SM, et al. Back extensor muscle oxygenation and fatigability in healthy subjects and low back pain patients during dynamic back extension exertion. *Pathophysiology*. 2005; 12(4):267-73.
  34. Rittweger J, Just K, Kautzsch K, Reeg P, Felsenberg D. Treatment of chronic lower back pain with lumbar extension and whole-body vibration exercise: a randomized controlled trial. *Spine*. 2002;27(17):1829-34.
  35. Niemistö, Lahtinen-Suopanki T, Rissanen P, Lindgren KA, Sarna S, Hurri H. A randomized trial of combined manipulation, stabilizing exercises, and physician consultation compared to physician consultation alone for chronic low back pain. *Spine*. 2003;28(19):2185-91.
  36. Pozo-Cruz BD, Hernández Mocholía, Adsuar JC, Parraca JA, Muro I, et al. Effects of whole body vibration therapy on main outcome measures for chronic non-specific low back pain: a single-blind randomized controlled trial. *J Rehabil Med*. 2011; 43(8):689-94.
  37. Seo JK, Kim SY. The relationship between hip abductor muscle strength and lumbar instability in patients with chronic low back pain. *J Korean Phy Ther*. 2011;23(4):15-22.
  38. Park SH, Huang T, Song JY, Lee MM. Comparative Study of the Biomechanical Factors in Range of Motion, Muscle Activity, and Vertical

- Ground Reaction Force between a Forward Lunge and Backward Lunge. *Phys Ther Rehabil Sci.* 2021;10(2):98-105.
39. Ha TW, Park SH, Lee MM. Comparison of difference in muscle activity ratio, ground reaction force and knee valgus angle during single leg squat and landing according to dynamic taping. *Phys Ther Rehabil Sci.* 2020;9(4):281-6.