

Effect of High-Intensity Complex Exercise Program Using Whole-Body Vibration and Respiratory Resistance for Low Back Pain Patients with High Obesity

Sam-Ho Park^a, Myung-Mo Lee^b

^aDepartment of Physical Therapy, Graduate School, Daejeon University, Republic of Korea

^bDepartment of Physical Therapy, Daejeon University, Republic of Korea

Objective: The purpose of this study was to investigate the effect of high-intensity complex exercise program using whole-body vibration (WBV) and respiratory resistance on pain and dysfunction, psychosocial level, balance ability, and pulmonary function in low back pain (LBP) patients with high obesity.

Design: A randomized controlled trial

Methods: A total of 44 LBP patients with high obesity (body mass index, BMI ≥ 30 kg/m²) were randomly assigned to an experimental group (n=22) and a control group (n=22). Both groups underwent a lumbar stabilization exercise program. In addition, the experimental group implemented the high-intensity complex exercise program combined with WBV and respiratory resistance. In order to compare the effects depending on the intervention methods, numeric pain rating scale (NRPS), Roland-Morris disability questionnaire (RMDQ), fear-avoidance beliefs questionnaire (FABQ), balance ability, and pulmonary function were used for measurement.

Results: Both groups showed significant differences in NRPS, RMDQ, FABQ, balance ability before and after intervention ($p < 0.05$). In addition, the experimental group showed significant difference in the amount of change in RMDQ, balance ability and pulmonary function values than the control group ($p < 0.05$).

Conclusions: High-intensity complex exercise program using WBV and respiratory resistance has been proven to be an effective and clinically useful method to decrease dysfunction, increase balance ability, and pulmonary function for LBP patients with high obesity.

Key Words: Back Pain, Breathing Exercises, High-Intensity Interval Training, Obesity

서론

요통(low back pain)은 대표적인 근골격계 장애로 발병률이 높은 질환 중 하나이다[1]. 인터넷과 같은 정보 매체의 발달로 인해 앉아서 생활하는 시간이 증가하고 있으며, 생활환경의 사무화, 자동화로 인한 신체활동의 감소, 자세불량 및 운동부족 등 건강상의 문제가 나타나고 있다[2]. 이는 체간 근육의 약화로 이어져, 근육의 불균형을 동반하여 신체기능 장애로 이어지게 된다[3,4].

요통의 원인으로는 척추의 병변으로 인한 구조적 요

인과 스트레스와 같은 심리적 요인, 그리고 근골격계의 역학적인 기능저하 등이 있다[5]. 특히, 운동부족으로 인한 척추 주변근육과 인대의 약화는 요통의 기능장애(dysfunction)를 발생시키는 주된 요인으로 알려져 있다[6]. 요통으로 인한 기능장애는 요추부 심부근육의 약화 및 고유수용성 감각을 저하시키며, 요추부 불안정성의 증가와 더불어 균형능력 저하를 초래한다[7]. 또한 요통 발생 시 일상적인 활동과 신체 활동에서 심리적 위축과 불안감으로 인해 심리 사회적 측면에서 문제를 야기하며, 이는 요통의 주요 요소 중 하나로 고려되고 있다[8].

Received: Mar 16, 2022 Revised: Mar 25, 2022 Accepted: Mar 30, 2022

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

Department of Physical Therapy, Daejeon University

62, Daehak-ro, Dong-gu, Daejeon city Republic of Korea, 34520

Tel: *** - **** - **** Fax: +82-42-280-4295 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 © 2022 Korean Academy of Physical Therapy Rehabilitation Science

비만(obesity)이란 섭취한 에너지와 소비된 에너지의 불균형으로 인해 과도한 에너지가 지방조직에 축적되는 것을 의미한다[9]. 현대인들의 잘못된 식습관, 운동부족 등 생활습관 변화로 인해 체중이 증가되고 있으며, 이로 인한 비만 유병률이 급증하고 있다[10]. 비만으로 인해 약해진 복부근은 고관절 굴곡근 단축과 골반 전방경사(anterior tilting)의 움직임들을 일으켜 요추 전만(lordosis)을 증가시키게 되며, 이는 요통을 일으키는 또 다른 원인이 된다[11]. 이에 따라 올바른 식습관, 신체활동의 증가, 규칙적인 운동으로 비만에 대한 문제 예방과 치료가 요구된다[12]. 특히, 고강도의 운동은 체지방 감소와 심혈관계 질환에 긍정적인 영향이 있다고 보고되었다[13].

요통의 감소와 기능적 회복을 위하여 체간 근육의 수축을 통한 근육 활성을 개선하는 방법인 요추부안정화 운동프로그램의 효율성이 보고된 바 있다[14,15]. 요통 환자에게 효과적인 안정화 운동의 효과를 더욱 높이기 위하여 추가적으로 병행한 전신진동은 불안정한 지지면에서의 소단위 및 대단위 근육조절을 바탕으로 안정성과 균형능력을 향상시켜 운동의 효과를 극대화 할 수 있다고 하였다[16]. 또한 요추부 안정화 운동에 추가적으로 병행한 호흡저항 훈련은 횡격막과 복횡근 수축을 유도하여 척추 안정성 향상에 효과적이라고 하였다[17].

여러 선행 연구를 통하여 요통의 개선을 위한 안정화 운동프로그램의 효과가 입증되었다[16-18]. 하지만 고도 비만과 동시에 요통을 경험하고 있는 환자에게 체지방의 감소와 더불어 합병증 예방에 영향을 미치는 고강도 운동중재에 대한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 전신진동과 호흡저항을 병행한 고강도 복합 운동프로그램이 고도비만이 있는 요통환자의 통증수준과 기능장애 수준, 심리사회적 수준, 그리고 균형능력 및 폐기능에 미치는 영향에 대해 알아보고자 한다.

연구방법

연구 대상자

본 연구의 대상자는 D광역시 P병원에 요통으로 인하여 입원, 또는 외래로 치료중인 환자를 대상으로 연구의 목적과 방법에 이해하고 참여의사를 밝힌 61명을 대상으로 하였다. 선정조건으로는 통증수준(숫자통증등급척도, numeric pain rating scale, NRPS) 4점 이상인 자[19], 전정기관에 치료이력이 없는 자, 신체질량지수(body mass index, BMI)가 30 이상인 자(BMI \geq 30 kg/m²)[20]로 하였으며, 제외조건으로는 압박골절로 인한 요통증상이 있는 자, 중추신경계이상 증상으로 참여가 어려운 자, 하지의 정형외과적 문제로 수술한 자로 하였다. 연구에

참여한 모든 대상자들은 COVID-19에 따른 방역지침을 준수하여 마스크 착용 및 발열체크를 실시하였으며, 연구 참여동의서에 동의를 얻은 후 실험을 실시하였다. 본 연구는 대전대학교 생명연구윤리위원회심의의 승인을 받은 후 진행하였다(1040647-201910-HR-006-03).

연구 절차

본 연구는 무작위 대조군연구설계(randomized controlled trial, RCT)이다. 대상자 수 선정을 위하여 G*power (ver.3.1.9.2, University of Kiel, Germany) 프로그램을 이용하였으며, Park 등[18]의 연구결과의 main effect size (d); 0.91로 가정하고, 유의수준(α)은 0.05, power(1 - β) = 0.8로 대입하여 군 간 20명의 대상자가 필요하였다. 중도 탈락률을 10%로 고려하여 군 간 최소 인원은 22명으로 하였다. 모집된 대상자 61명 중 NRPS 3점 이하인 자(n=11), 참여거부(n=6)로 인하여 총 17명이 탈락하였다. 선정기준에 적합한 대상자 총 44명을 대상으로 무작위 번호 생성프로그램을 사용하여[21], 실험군(n=22)과 대조군(n=22)으로 배정하였다.

두 군 모두 요통완화에 효과적이라는 요추부 안정화 운동프로그램을 실시하였으며, 이에 더하여 실험군에서는 추가적으로 전신진동과 호흡저항을 병행한 고강도 복합 운동프로그램을 실시하였다. 중재 전과 후에 따른 고강도 복합 운동프로그램의 효과를 비교하기 위하여 통증수준과 기능장애 수준(롤랜드-모리스 기능장애 설문지, Roland-Morris disability questionnaire, RMDQ), 심리사회적 수준(공포회피반응 설문지, fear-avoidance beliefs questionnaire, FABQ), 균형능력 그리고 폐기능을 사전과 사후측정하였다. 모든 대상자는 자신이 속한 군에 대한 정보를 알지 못한 채 중재에 임하였으며, 모든 평가는 근골격계 8년 이상 근무한 물리치료사에 의해 진행하였다. 본 연구의 절차는 다음과 같다(Figure 1).

중재방법

요추부 안정화 운동프로그램

연구에 참여한 두 군 모두에게 실시한 요추부안정화 운동프로그램은 요통완화에 효과적이라고 하는 Park과 Lee[17]의 중재프로그램을 보완하여 사용하였다. 요추부 안정화 운동프로그램으로는 Curl up, Dead bug, Superman, Bird dog, Side flank with knee flexion 5가지 동작으로 구성하였다. 중재 전과 끝난 후 준비 운동과 마무리 운동을 목적으로 스트레칭을 5분씩 적용하였으며, 각 운동마다 10초씩 5회, 5세트, 세트 간 10초간 휴식을 제공하였다. 약 35분/1회, 주 3회, 총 4주간 중재를 적용하였다.

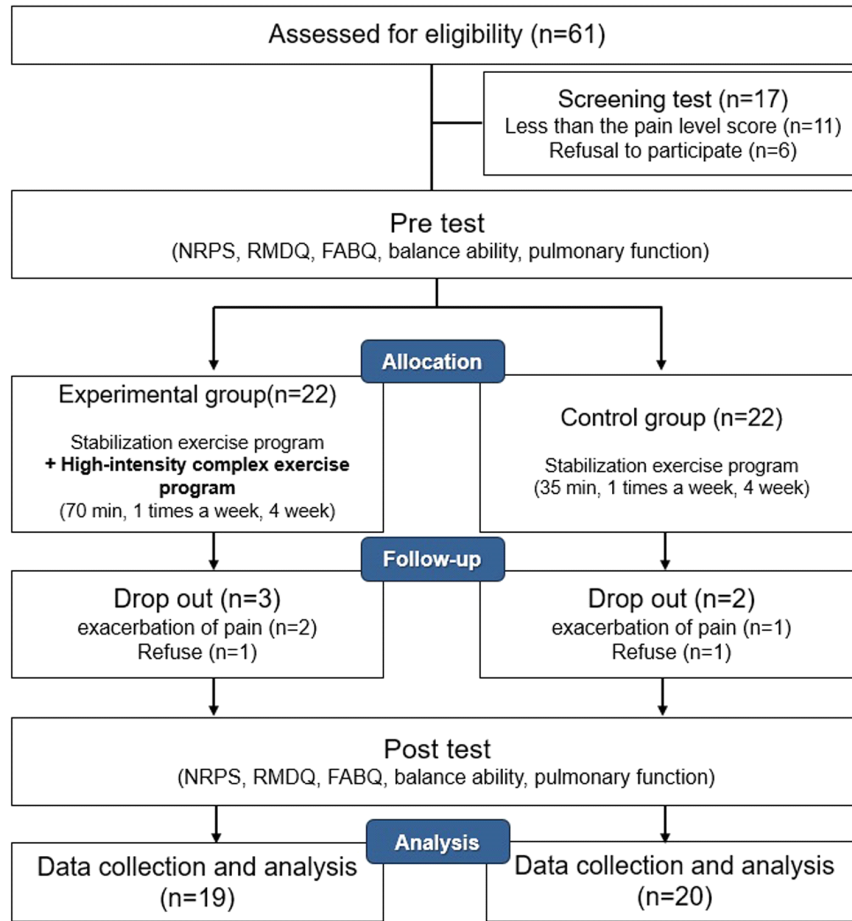


Figure 1. CONSORT flow chart. NRPS numeric pain rating scale, RMDQ, roland-morris low back pain and disability questionnaire, FABQ fear-avoidance beliefs questionnaire

전신진동과 호흡저항을 병행한 고강도 복합 운동프로그램

실험군에게는 추가적으로 전신진동과 호흡저항을 병행한 고강도 복합 운동프로그램을 실시하였다.

전신진동(SW-VH11, Sonic world, Korea)은 진동자극이 수직으로 발생되며, 자신의 체중을 이용하여 다양한 정적, 동적 자세로 운동을 실시할 수 있다. 전신진동의 주파수는 높은 근활성도를 보일 수 있는 30Hz를 사용하였다[22]. 호흡저항기(BD12512, expand a lung, USA)는 흡기와 호기 시 공기의 환기량을 조절하여 호흡근 강화를 목적으로 사용되고 있다. 중재 전 대상들에게 호흡법에 대해서 충분한 교육 후, 호흡저항기를 제공하였다. 호흡저항기를 착용 후 중재 적용 시 운동자각도(rating of perceived exertion)는 14 이하로 유지할 수 있도록 호흡저항기의 저항을 조절하였다[23].

고강도 복합 운동프로그램으로는 Squat, Plank, Lunge, Bridge 4가지 동작으로 구성하였으며, Lunge 동작 시 전방에 위치하는 다리를 교대로 실시하였다. 각

운동마다 15초씩 5회, 5세트 세트 간 10초간 휴식을 제공하였으며, 약 35분/1회, 주 3회, 총 4주간 중재를 적용하였다. 안전사고 예방을 위해 물리치료사의 보조하에 고강도 복합 운동프로그램을 실시하였으며, 전신진동과 호흡저항을 병행한 고강도 복합 운동프로그램은 다음과 같다(Figure 2).

측정방법 및 도구

통증수준

운동프로그램에 대한 중재 전, 후 대상자의 통증수준의 정도를 알아보기 위해 NRPS를 사용하였다. NRPS는 자기기입식 설문지로 0점은 통증이 없음을 의미하며, 5점은 중등도의 통증, 10점은 극심한 통증을 의미한다. 측정 시 통증의 정도를 설문지를 통하여 측정하였으며, 이 평가도구의 검사자내 신뢰도는 0.61이며, 타당도가 높은 수준이다[19].

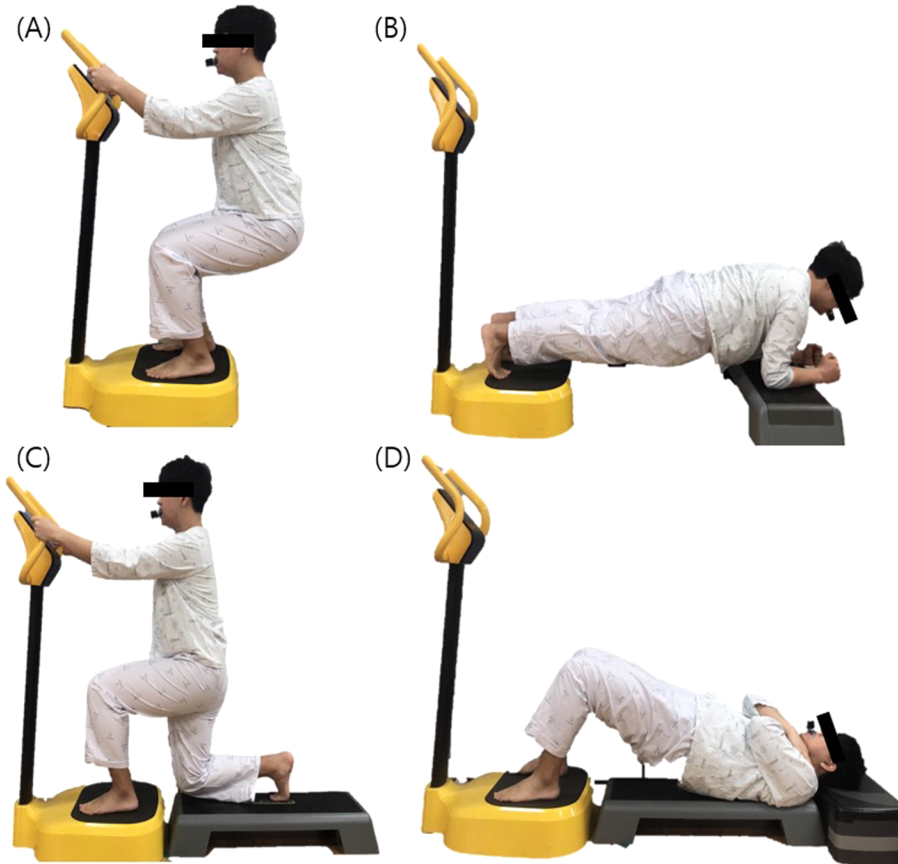


Figure 2. High-Intensity Complex Exercise Program. (A) Squat, (B) Plank, (C) Lunge, (D) Bridge

기능장애 수준

운동프로그램에 대한 중재 전, 후 대상자들의 기능장애 수준의 정도를 알아보기 위하여 RMDQ를 사용하였다. RMDQ는 자가 기입식 설문지로 총 24개 항목으로 설문당 점수는 1점이며, 최대점수는 24점으로 되어 있으며, 점수가 높을수록 큰 기능제한을 의미한다. RMDQ는 기능제한의 단계를 설명하는데 유효하며, 이 평가도구의 검사자 내신뢰도는 $r = .92$ 로 높은 수준이다[24].

심리사회적 수준

운동프로그램에 대한 중재 전, 후 대상자들의 심리사회적 수준의 정도를 알아보기 위하여 FABQ를 사용하였다. FABQ는 신체적 활동과 관련있는 FABQ-Physical Activity 5가지 항목과 일과 관련있는 FABQ-Work 11가지 항목으로 구성되어 있다. 7점 척도로 0점은 동의하지 않음을 의미하며, 6점은 완벽한 동의를 의미하는 자기 기입식 설문지이다. Joo 등[25]이 제시한 한국어판 FABQ를 사용하였으며, 이 평가도구의 신뢰도는 0.95로 높은 수준이다.

균형능력

운동프로그램에 대한 중재 전, 후 대상자들의 균형능력의 정도를 알아보기 위하여 Will balance board (WBB, Nintendo, Japan)를 사용하였다. 대상자들은 WBB에 올라서서 우세 발로 한 발 서기 동작을 시행하였으며, 비우세 발은 고관절과 슬관절을 90도 굴곡시킨 상태를 유지하였다. 측정은 대상자가 안정된 자세를 잡은 후 실시하였으며, 30초 동안 측정하였다. 대상자의 무게의 중심(center of pressure, COP)에 따른 이동거리(path length), 이동속도(velocity), 그리고 이동면적(area)을 산출하였다. 총 3회 측정한 평균값을 발란시아 프로그램(Balancia software, Mintosys, Korea)을 사용하여 데이터를 추출하였다. WBB은 측정자 내 신뢰도 $ICC = 0.92 - 0.98$ 로 높은 수준이며[26], 발란시아 프로그램은 검사자간 신뢰도 $r = 0.79 - 0.96$ 와 타당도 $r = 0.85 - 0.96$ 가 높은 수준이다[27].

폐기능

운동프로그램에 대한 중재 전, 후 대상자들의 폐기능



Figure 3. Pulmonary function test

수준을 알아보기 위해 폐기능 측정기(Microquark, COSMED, Italy)을 사용하여 측정하였다(Figure 3). 측정 시 선자세에서 Microquark의 장착된 마우스피스에 입을 물었으며, 폐기능 측정 변수로는 최대 호기에 따른 공기의 총량을 노력성 폐활량(forced vital capacity, FVC), 흡기 후 1초간 최대호기량을 노력성 1초 호기량(forced expiratory volume in 1 second, FEV1)으로 설정하였다. FVC, FEV1의 값을 통하여 FEV1/FEV%을 계산하였으며, 15초 동안의 빠른 속도의 흡기와 호기량을 1분 동안 양으로 환산하는 최대 자발성 환기량(maximum voluntary

ventilation, MVV)을 측정하였다[28]. 각 검사 간 10분씩 휴식시간을 제공하였으며, 폐기능 검사에 대한 경험이 풍부한 물리치료사에 의해 총 3번 측정하여 최대값을 데이터 분석에 사용하였다.

자료분석

본 연구의 자료분석은 SPSS(ver. 25.0, IBM Co., USA)를 사용하였다. 대상자의 일반적 특성은 Shapiro-Wilk test를 사용하여 정규성 검정을 하였다. 군 간 동질성 검정은 카이제곱 검정과 독립표본 t-test로 분석하였다. 군 간 차이를 비교하기 위하여 독립표본 t-test과 카이제곱 검정으로 확인하였으며, 군 내 중재 전, 후 종속변수의 효과를 비교하기 위해 대응표본 t-test를 사용하여 분석하였다. 통계학적 유의수준(α)은 0.05로 설정하였다.

연구결과

본 연구에 참여한 총 44명의 대상자 중 통증악화($n=3$), 참여거부($n=2$)의 대상자가 탈락하였다. 최종 실험군 19명, 대조군 20명의 데이터가 수집되었으며, 두 군간 일반적 특성의정규성을 확인하였다(Table 1).

NRPS, RMDQ, FABQ는 두 군 모두 중재 전, 후 통계적으로 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 또한 군 간 차이는 RMDQ에서 대조군에 비해 통계적으로 유의하게 감소하였다($p < 0.05$)(Table 2).

균형능력은 두 군 모두 중재 전, 후 통계적으로 균형능력에서 유의하게 향상하였다($p < 0.05$). 또한 군 간 차이는 균형능력에서 대조군에 비해 통계적으로 유의하게 향상하였다($p < 0.05$)(Table 3).

폐기능은 실험군에서 중재 전, 후 통계적으로 FVC, FEV1, MVV에서 유의하게 향상하였다($p < 0.05$). 또한 군 간 차이는 FVC, FEV1, MVV에서 대조군에 비해 통계적으로 유의하게 향상하였다($p < 0.05$)(Table 4).

Table 1. General characteristics. ($n=39$)

| | Experimentalgroup (n=19) | Control group (n=20) | t/χ^2 | p |
|-------------------|--------------------------|----------------------|------------|-------|
| Sex (male/female) | 12/7 | 11/9 | -0.295 | 0.678 |
| Age (year) | 35.27 (5.43) | 32.95 (5.60) | 1.394 | 0.171 |
| Height (cm) | 166.36 (8.76) | 168.45 (8.14) | -0.820 | 0.417 |
| Weight (kg) | 85.89 (10.08) | 88.76 (9.23) | -0.987 | 0.329 |
| BMI (score) | 30.93 (1.10) | 31.22 (1.48) | -0.742 | 0.462 |
| Onset (month) | 12.95 (6.37) | 13.68 (5.39) | -0.409 | 0.685 |

The values are presented mean (SD)

Table 2. Comparison of pain level, dysfunction level, psychosocial level between groups. (n = 39)

| | | Experimental group (n=19) | Control group (n=20) |
|-----------------------|----------|---------------------------|----------------------|
| NPRS (point) | Pre | 6.18 (1.14) | 6.09 (1.11) |
| | Post | 3.73 (1.35) | 3.82 (1.53) |
| | Post-pre | -2.45 (1.10) | -2.27 (1.35) |
| | t(p) | -10.457 (0.000)* | -7.887 (0.000)* |
| RMDQ (score) | Pre | 21.09 (1.84) | 21.59 (1.62) |
| | Post | 9.73 (1.55) | 11.91 (2.11) |
| | Post-pre | -11.36 (1.49) | -9.68 (3.08) |
| | t(p) | -35.593 (0.000)* | -14.760 (0.000)* |
| FABQ-PA (score) | Pre | 20.27 (2.59) | 20.41 (2.40) |
| | Post | 9.36 (1.84) | 11.14 (2.73) |
| | Post-pre | -10.91±2.65 | -9.27 (4.39) |
| | t(p) | -19.286 (0.000)* | -9.887 (0.000)* |
| FABQ-W (score) | Pre | 35.41 (4.06) | 35.68 (3.89) |
| | Post | 18.95 (4.37) | 20.09 (2.69) |
| | Post-pre | -16.45±7.08 | -15.59 (5.11) |
| | t(p) | -10.897 (0.000)* | -14.324 (0.000)* |
| FABQ-total (score) | Pre | 55.45 (3.76) | 56.09 (3.65) |
| | Post | 28.32 (4.47) | 31.23 (1.99) |
| | Post-pre | -27.14 (6.98) | -24.86 (4.28) |
| | t(p) | -18.222 (0.000)* | -27.251 (0.000)* |

The values are presented mean (SD)

NRPS: numeric pain rating scale, RMDQ, Roland-Morris disability questionnaire, FABQ: fear-avoidance beliefs questionnaire, PA: physical activity, W: work. *p < 0.05

Table 3. Comparison of balance ability between groups. (n = 39)

| | | Experimental group (n = 19) | Control group (n = 20) | t(p) |
|--------------------------------|----------|-----------------------------|------------------------|----------------|
| COP velocity (cm/s) | Pre | 4.50 (0.64) | 4.44 (0.70) | -0.348 (0.731) |
| | Post | 3.46 (0.55) | 3.98 (0.64) | |
| | Post-pre | -1.04 (0.75) | -0.46 (0.56) | 2.649 (0.015)* |
| | t(p) | -6.535 (0.000)* | -3.805 (0.001)* | |
| COP length (cm) | Pre | 142.45 (17.33) | 139.65 (14.58) | -0.555 (0.585) |
| | Post | 119.79 (11.76) | 133.49 (11.92) | |
| | Post-pre | -22.65 (16.97) | -6.16 (10.06) | 3.587 (0.002)* |
| | t(p) | -6.261 (0.000)* | -2.871 (0.009)* | |
| COP area (cm ²) | Pre | 9.45 (2.11) | 9.04 (1.99) | -0.640 (0.529) |
| | Post | 5.76 (2.28) | 7.63 (2.16) | |
| | Post-pre | -3.69 (2.22) | -1.41 (1.67) | 3.613 (0.002)* |
| | t(p) | -7.808 (0.000)* | -3.964 (0.001)* | |

The values are presented mean (SD)

COP: center of pressure. *p < 0.05

Table 4. Comparison of pulmonary function between groups. (n=39)

| | | Experimental group (n=19) | Control group (n=20) | t(p) |
|-------------------------|----------|---------------------------|----------------------|-----------------|
| FVC (L) | Pre | 4.05 (0.83) | 3.85 (0.85) | -0.824 (0.419) |
| | Post | 4.31 (0.86) | 3.88 (0.81) | |
| | Post-pre | 0.26 (0.18) | 0.04 (0.13) | -4.259 (0.000)* |
| | t(p) | 6.717 (0.000)* | 1.345 (0.193) | |
| FEV1 (L) | Pre | 3.59 (0.74) | 3.28 (0.57) | -1.736(0.097) |
| | Post | 3.80 (0.81) | 3.13 (0.66) | |
| | Post-pre | 0.20 (0.18) | -0.15 (0.46) | -3.176(0.005)* |
| | t(p) | 5.305 (0.000)* | -1.500 (0.148) | |
| FEV1/FVC (%) | Pre | 88.98 (6.02) | 87.00 (7.42) | -0.913(0.371) |
| | Post | 88.10 (5.69) | 84.77 (8.27) | |
| | Post-pre | -0.88 (3.94) | -2.22 (9.58) | -0.702(0.490) |
| | t(p) | -1.054 (0.304) | -1.090 (0.288) | |
| MVV (L/min) | Pre | 103.41 (20.74) | 95.56 (28.19) | -0.879 (0.389) |
| | Post | 130.73 (25.22) | 99.28 (24.22) | |
| | Post-pre | 27.32 (19.36) | 2.72 (8.34) | -5.552 (0.000)* |
| | t(p) | 6.617 (0.000)* | 1.528 (0.141) | |

The values are presented mean (SD)

FVC: forced vital capacity, FEV1: forced expiratory volume in one second, FEV1/FVC: forced expiratory volume in one second/forced vital capacity, MVV: maximum voluntary ventilation. *p<0.05

고찰

본 연구에서는 전신진동과 호흡저항을 병행한 고강도 복합 운동프로그램이 고도비만이 있는 요통환자에게 미치는 영향에 대해서 알아보기 위해 실시하였다. 그 결과는 연구에 참여한 대상자 모두 통증수준과 기능장애 수준, 심리사회적 수준, 그리고 균형능력의 유의한 향상이라는 긍정적인 연구결과를 확인할 수 있었다. 이에 더하여 전신진동과 호흡저항을 병행한 고강도 복합 운동프로그램을 실시한 실험군에서 대조군에 비해 FVC, FEV1, MVV의 유의한 향상이라는 결과를 보였다(p<0.05).

2014년도 한국에서 발표한 비만에 대한 임상실무지침서(clinical practice guidelines, CPG)에 의하면 비만 환자들은 식이요법과 더불어 고강도의 운동이 비만을 치료하는 가장 효율적인 방법이라 하였다[29]. 본 연구는 선행연구의 결과에 따라 고도비만이 있는 요통환자에게 고강도 복합 운동프로그램을 적용하기 위하여 전신진동과 더불어 호흡저항을 병행하였다. 전신진동 운동은 물리치료 분야에서 꾸준한 관심을 받는 훈련 중 하나로, 수직으로 발생하는 진동자극에 의해 근기능을 향상시키는 유용한 훈련법으로 자리매김하고 있다[16].

또한 호흡저항은 요추부의 안정성 제공과 더불어 호흡시 작용되는 근육의 협력수축을 통하여 복강내압, 척수내압에 효과적인 유용한 훈련법이다[17].

고도비만이 있는 요통환자에게 통증을 조절하기 위한 운동방법은 여러 연구들을 통하여 그 효과가 입증되고 있다. Park과 Lee[18]은 고도비만이 있는 요추부 불안정성 환자를 대상으로 4 주간 불안정한 지지면에서 고강도 신경근 운동프로그램을 실시한 결과 통증수준에서 유의한 감소가 나타났다고 보고하였다(p<0.05, d=3.86). 이에 본 연구도 두 군 모두 중재 전, 후 통증수준에 유의한 감소로 선행연구의 결과를 뒷받침 하였지만(p<0.05), 두 군간의 차이는 없었다. 이는 본 연구에서 제시한 요추부 안정화 운동프로그램은 난이도 있는 동작으로 구성되어 엔도르핀 분비를 자극하는 운동강도로서 β-엔도르핀을 활성화시켜[30], 통증수준의 감소를 보였다고 사료된다.

요통은 10명중 8명이 일생에 한 번 이상 경험할 정도로 유병률이 높은 질환이며, 통증으로 인해 기능장애가 발생하게 되면 일상생활의 많은 부분을 제한을 받게 된다[31]. Koes BW 등[32]은 요통환자에게 기능장애에 대한 정확한 평가는 치료의 방향성 결정에 있어 중요한

요인이라고 하였다. 본 연구에서는 기능장애를 알아보기 위해 신뢰도 높은 평가도구인 RMDQ를 사용하여 평가하였다. 총점 24점을 기준으로 백분율한 결과 실험군에서는 87.87%에서 41.29%로, 대조군에서는 89.95%에서 49.62%로 각 기능장애 수준이 감소되었음을 확인할 수 있었다($p < 0.05$). 이에 더하여 전신진동과 호흡저항을 병행한 고강도 복합 운동프로그램을 실시한 실험군에서 대조군에 비해 유의한 감소를 확인할 수 있었다($p < 0.05$). 이는 전신진동을 통한 불안정한 지지면에서의 자세를 유지하기 위해 신체분절의 많은 근육들이 동원되어 고유수용성 감각 향상[16]과 더불어 호흡저항을 통한 횡격막과 복부 심부근육의 조화로운 근육활동으로 인해 기능장애 수준의 감소를 보였다고 사료된다.

요통이 수 개월 동안 지속되면 신체활동과 일상생활에도 많은 제한을 가져오게 되며, 우울, 무기력 등과 같은 심리적인 요인에 문제가 나타나게 된다[33]. 이러한 요통의 완화와 더불어 심리적인 안정감을 위하여 운동요법을 실시하는 다양한 연구들이 존재한다. Caby 등[34]의 만성 요통환자를 대상으로 척추 운동프로그램을 실시하였으며, 그 결과로는 불안감과 우울감의 감소를 보였다고 보고하였다($p < 0.05$). 또한 Park과 Lee[18]은 고도비만이 있는 요추부 불안정성 환자에게 불안정한 지지면에서 신경근 운동프로그램을 실시한 결과 심리사회적 수준의 안정감을 보였다고 보고하였다($p < 0.05$). 이에 따라 본 연구도 심리사회적 수준의 결과 대상자 모두 중재 전, 후 유의한 감소를 보였으나($p < 0.05$), 구간 차이는 없었다. 이는 대상자들 모두 자신이 소속된 군에 대한 정보를 알지 못하였으며, 요통에 효과적인 요추부 안정화 운동프로그램을 통하여 통증감소와 더불어 기능장애의 감소를 보여 심리사회적 수준에 영향을 미쳤을 것이라 사료된다.

고도비만의 경우에는 약해진 복부근으로 인해 고관절의 단축과 골반 전방경사를 야기하며, 균형을 유지하기 위해 COP가 약해진 복부근으로 향하고 있어 건강한 성인에 비하여 균형각각이 감소된 결과가 보고된 바 있다[11]. 이에 본 연구는 고도비만이 있는 요통환자에게 균형능력의 정도를 알아보기 위하여 COP의 이동속도, 이동거리 그리고 면적에 대한 변수를 측정하여 비교하고, 분석하였다. 그 결과로는 두 군 모두 균형능력이 유의하게 향상되었으며($p < 0.05$), 이에 더하여 전신진동과 호흡저항을 병행하여 고강도 복합 운동프로그램을 실시한 실험군에서 COP의 이동속도($d = 1.74$), 거리($d = 1.53$), 면적($d = 1.68$)에서 구간 차이를 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 전신진동은 근육계통에 새로운 자극을 통하여 추가적인 신경적응을 일으킬 뿐만 아니라 호흡저항을 통하여 체간 안정성에 기여하는 근육들의 협력수

축을 통해 균형능력의 지표가 향상되었다고 사료된다.

요통환자에게 안정화 운동의 효과를 높이기 위하여 횡격막과 복횡근의 수축을 유도하는 다양한 호흡운동들이 적용되고 있다[18,29,35]. Park과 Lee[17]의 연구에 의하면 요추부 불안정성이 있는 요통환자를 대상으로 호흡저항을 병행한 안정화 운동프로그램을 실시한 결과, FVC, FEV1, MVV의 유의한 향상을 보고하였다($p < 0.05$). 또한 Park 등[18]의 연구에서는 40대 여성 요통환자를 대상으로 호흡저항을 병행한 운동프로그램을 실시한 결과, 흡기와 호기 시 호흡압력의 유의한 향상을 보고하였다($p < 0.05$). 이에 따라 본 연구도 요추부 안정화 운동의 효과를 높이기 위하여 전신진동과 더불어 호흡저항기를 적용하였으며, 그 결과로는 실험군에서 FVC, FEV1, MVV의 유의한 향상이라는 긍정적인 연구결과를 확인할 수 있었다($p < 0.05$). 이는 전신진동과 호흡저항기를 병행한 안정화 운동은 요추부 안정화에 기여하는 안정화 근육의 협력수축의 요구와 동시에 전신진동으로 인한 더욱 많은 신경근 근육들의 동원, 호흡저항을 통한 횡격막과 복횡근의 조화로운 근육활동이 발생하였다고 생각된다. 이로 인해 통증과 기능장애 감소, 더불어 균형능력과 폐기능의 향상이라는 긍정적인 연구결과를 보여주었다고 사료된다.

본 연구를 진행하는 동안 통증의 발현과 운동의 익숙함 부족으로 인해 중재프로그램을 실시하는데, 1~2일 정도의 선행훈련이 필요하였다. 그 외에 본 연구는 몇 가지 제한점이 있다. 첫째, 연구에 참여한 대상자의 연령이 병원에 입원 또는 외래로 내원한 의료실비보험을 가진 30대로 한정되어 있어 모든 연령대를 일반화하기에는 어려움이 있다. 둘째, 고강도의 복합 운동프로그램은 단기적인 효과로서 고도비만의 해소를 위해 장기적으로 1년 이상의 운동이 필요할 것으로 사료된다. 향후 이러한 제한점을 보완하여 요통환자들의 더 나은 삶을 영위할 수 있는 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

결론

본 연구는 전신진동과 호흡저항을 병행한 고강도 복합 운동프로그램이 고도비만이 있는 요통환자에게 미치는 영향에 대해서 알아보기 위하여 실시하였다. 그 결과로는 전신진동과 호흡저항을 병행한 고강도 복합 운동프로그램을 실시한 실험군에서 기능장애의 감소, 균형능력과 폐기능에 유의한 향상이라는 결과가 나타났다. 이러한 결과를 토대로 전신진동과 호흡저항을 병행한 고강도 복합 운동프로그램은 고도비만이 있는 요통환자의 증상완화를 위해 효율적인 운동프로그램이라고 할 수 있다.

이해충돌

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

참고문헌

- Hill JC, Fritz JM. Psychosocial influences on low back pain, disability, and response to treatment. *PhysTher*. 2011;91(5):712-21.
- Hoy D, Brooks P, Blyth F, Buchbinder R. The epidemiology of low back pain. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2010;24(6):769-81.
- Renkawitz T, Boluki D, Grifka J. The association of low back pain, neuromuscular imbalance, and trunk extension strength in athletes. *Spine*. 2006; 6(6):673-83.
- Park SH, Lee MM. Effects of lower trapezius strengthening exercises on pain, dysfunction, posture alignment, muscle thickness and contraction rate in patients with neck pain; randomized controlled trial. *Med Sci Monit*. 2020;26:e920208-1.
- Adams MA, Roughley PJ. What is intervertebral disc degeneration, and what causes it? *Spine*. 2006;31(18):2151-61.
- Hammill RR, Beazell JR, Hart JM. Neuromuscular consequences of low back pain and core dysfunction. *Clinic Sports Med*. 2008;27(3):449-62.
- 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.
- Pincus T, McCracken LM. Psychological factors and treatment opportunities in low back pain. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2013;27(5):625-35.
- Finkelstein EA, Khavjou OA, Thompson H, Trogdon JG, Pan L, Sherry B, et al. Obesity and severe obesity forecasts through 2030. *AmJ Preven Med*. 2012;42(6):563-70.
- Caban AJ, Lee DJ, Fleming LE, Gómez-Marín O, LeBlanc W, Pitman T. Obesity in US workers: The national health interview survey, 1986 to 2002. *Am J Public Health*. 2005;95(9):1614-22.
- Shiri R, Karppinen J, Leino-Arjas P, Solovieva S, Viikari-Juntura E. The association between obesity and low back pain: a meta-analysis. *Am J Epidemiol*. 2010;171(2):135-54.
- Shaw KA, Gennat HC, O'Rourke P, Del Mar C. Exercise for overweight or obesity. *Cochrane database of systematic reviews*. 2006(4).
- Ma J, Xiao L, Stafford RS. Adult obesity and office-based quality of care in the United States. *Obesity*. 2009;17(5):1077-85.
- Slade SC, Keating JL. Trunk-strengthening exercises for chronic low back pain: a systematic review. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*. 2006;29(2):163-73.
- Van Middelkoop M, Rubinstein SM, Verhagen AP, Ostelo RW, Koes BW, van Tulder MW. Exercise therapy for chronic nonspecific low-back pain. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2010;24(2):193-204.
- Park SH, Seo JH, Lee MM. Effect of Neuromuscular Stabilization Exercise Program Using Whole Body Vibration on Patients with Low Back Pain. *Phys Ther Rehabil Sci*. 2021; 10(3):278-87.
- 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*. 2019;25:1740.
- 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).
- Hawker GA, Mian S, Kendzerska T, French M. Measures of adult pain: Visual analog scale for pain (vas pain), numeric rating scale for pain (nrs pain), mcgill pain questionnaire (mpq), short-form mcgill pain questionnaire (sf-mpq), chronic pain grade scale (cpgs), short form-36 bodily pain scale (sf-36 bps), and measure of intermittent and constant osteoarthritis pain (icoap). *Arthritis Care Res*. 2011;63(11):240-52.
- Koyanagi A, Stickley A, Garin N, Miret M, Ayuso-Mateos JL, Leonardi M, et al. The association between obesity and back pain in nine countries: a cross-sectional study. *BMC Public Health*. 2015;15(1):123.
- Saghaei M. Random allocation software for parallel group randomized trials. *BMC Med Res Methodol*.

- 2004;4(1):1-6.
22. Di Giminiani R, Manno R, Scrimaglio R, Sementilli G, Tihanyi J. Effects of individualized whole-body vibration on muscle flexibility and mechanical power. *J Sport Med Phys Fitness*. 2010; 50(2):139.
 23. Hollander DB, Durand RJ, Trynicki JL, Larock D, Castracane VD, Hebert EP, et al. RPE, pain, and physiological adjustment to concentric and eccentric contractions. *Med SciSportsExer*. 2003;35(6):1017-25.
 24. Mousavi SJ, Parnianpour M, Mehdian H, Montazeri A, Mobini B. The Oswestry disability index, the Roland-Morris disability questionnaire, and the Quebec back pain disability scale: translation and validation studies of the Iranian versions. *Spine*. 2006;31(14):E454-E9.
 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. Clark RA, Mentiplay BF, Pua YH, Bower KJ. Reliability and validity of the Wii Balance Board for assessment of standing balance: A systematic review. *Gait & Posture*. 2018;61:40-54.
 27. Park DS, Lee G. Validity and reliability of balance assessment software using the Nintendo Wii balance board: usability and validation. *J Neuroeng Rehabil*. 2014;11(1):1-8.
 28. Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, Barjaktarevic IZ, Cooper BG, Hall GL, et al. Standardization of spirometry 2019 update. An official American thoracic society and European respiratory society technical statement. *Am J Respir Crit Care Med*. 2019;200(8):70-88.
 29. Kim MK, Lee WY, Kang JH, Kang JH, Kim BT, Kim SM, et al. 2014 clinical practice guidelines for overweight and obesity in Korea. *Endocrinology and Metabolism*. 2014;29(4):405-9.
 30. Hildebrandt T, Shope S, Varangis E, Klein D, Pfaff DW, Yehuda R. Exercise reinforcement, stress, and β -endorphins: An initial examination of exercise in anabolic-androgenic steroid dependence. *Drug Alcohol Depend*. 2014;139:86-92.
 31. Park SH, Oh YJ, Jung SH, Lee MM. The Effects of Lumbar Stabilization Exercise Program Using Respiratory Resistance on Pain, Dysfunction, Psychosocial Factor, Respiratory Pressure in Female Patients in '40s with Low Back Pain: Randomized Controlled Trial. *Ann Appl Sport Sci*. 2021;9(3)
 32. Koes BW, Van Tulder M, Thomas S. Diagnosis and treatment of low back pain. *BMJ*. 2006;332(7555): 1430-4.
 33. 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:e921295-1.
 34. Caby I, Vanvelcenaher J, Letombe A, Pelayo P. Effects of a five-week intensive and multidisciplinary spine-specific functional restoration program in chronic low back pain patients with or without surgery. *Ann Phys Rehabil Med*. 2010;53(10): 621-31.
 35. Richardson CA, Snijders CJ, Hides JA, Damen L, Pas MS, Storm J. The relation between the transversus abdominis muscles, sacroiliac joint mechanics, and low back pain. *Spine*. 2002;27(4):399-405.