

필라테스 호흡기반 매트 운동이 만성 요통 환자의 통증과 자율신경 균형에 미치는 영향

<https://doi.org/10.32337/KACPT.2026.14.2.11>

대한심장호흡물리치료학회지 제14권 제2호 2026, PP.11-22

■ 최하은¹, 이명모^{2*}

■¹대전대학교 물리치료학과 보건의료대학원, ^{2*}대전대학교 물리치료학과

Effects of Pilates Breathing-Based Mat Exercise on Pain and Autonomic Balance in Chronic LBP

Ha-Eun Choi PT, MsC¹, Myung-Mo Lee, PhD^{2*}

¹Department of Physical Therapy, Graduate School, Daejeon University

^{2*}Department of Physical Therapy, Daejeon University

Purpose: This study investigated the effects of a mat Pilates exercise program incorporating Pilates-specific breathing on pain, functional disability, and autonomic nervous system balance in patients with chronic low back pain. **Methods:** A randomized controlled trial was conducted involving 24 patients with chronic low back pain, who were randomly assigned to either the Pilates breathing group(n=12) or a general breathing group(n=12). Both groups performed mat Pilates exercises twice weekly for four weeks. Outcome measures, including Pain(VAS), functional disability(ODI), brainwave activity(Alpha, Theta, High Beta), Brain Condition Index, HRV Index, and autonomic nervous activity, were assessed before and after the intervention. Within-group and between-group differences were analyzed using statistical methods. **Results:** The Pilates breathing group demonstrated significantly greater reductions in pain(VAS) and functional disability(ODI) compared with the general breathing group($p<.05$). Autonomic nervous activity also increased significantly in the Pilates breathing group($p<.05$). Although EEG variables did not reach statistical significance in either group($p>.05$), the Pilates breathing group showed a trend toward increased Alpha and decreased High Beta activity. The HRV Index increased in the Pilates breathing group and decreased in the general breathing group, with a significant between-group difference in change scores($p<.05$). **Conclusion:** Mat Pilates combined with Pilates breathing effectively reduced pain, improved functional ability, and enhanced autonomic regulation in patients with chronic low back pain. These findings support the use of breathing-focused Pilates exercise as an effective intervention for promoting both physical and autonomic recovery in this population.

Key words: Autonomic nervous system, Functional disability, Low back pain, Pilates breathing

Received: November 11, 2025 / **Revised:** December 07, 2025 / **Accepted:** December 07, 2025

I. 서론

요부(lumbar region)는 인체 움직임의 중심축으로, 체간 안정성과 힘의 전달을 담당하는 핵심 부위이다. 이 부위의 기능이 저하되면 신체 움직임이 제한되고 통증이 발생하여 일상생활 수행에 불편을 초래하게 된다(김찬희 등, 2012). 요통은 비만, 허리 근력 약화, 부적절한 자세, 과도한 긴장 등의 다양한 요인과 관련되며(Bjerkset 등, 2005), 인구의 약 60~90%가 평생 한 번 이상 경험하는 흔한 근골격계 질환으로 알려져 있다(김경, 2005). 요통의 주요 증상으로는 감각 이상, 하지로의 방사통, 근

력 저하, 관절 가동범위 감소, 좌우 불균형 등이 포함되며(이재학, 1990), 통증 지속 기간에 따라 급성(6주 이내), 아급성(6~12주), 만성(12주 이상)으로 구분된다(Wheeler, 1995).

만성요통의 경우 통증이 장기화되면서 체간 근력과 지구력이 감소하고, 유연성이 저하되어 기능적 수행 능력에 제한이 나타난다(김정아, 1989; 이종경, 1999; 최순영, 2001). 이러한 신체적 제약은 우울, 불안, 무력감 등의 심리적 문제를 유발하여 삶의 질을 저하시킨다. 특히 만성요통 환자에서는 스트레스와 수면장애가 흔히 동반되며(Alsaadi 등, 2011), 수면 부족은 피로, 집중력 저하, 초조감, 기억력 감퇴 등을 유발하여 전반적인 삶의 만족

교신저자: 이명모

주소: 대전광역시 동구 대학로 62, 대전대학교 응용과학관 2421호, E-mail: mmlee@dju.kr

도를 떨어뜨린다(Clark 등, 1995).

스트레스와 수면장애는 상호작용하여 신체 긴장을 악화시키고 자율신경계의 균형을 저해하며, 이러한 변화는 신체 항상성 유지에 부정적인 영향을 미친다(Curtis 등, 2002). 자율신경계 기능은 운동을 통해 조절될 수 있으며, 규칙적인 신체활동은 스트레스를 완화하고 신체적·정신적 안정에 기여한다(Kobasa, 1979).

따라서 만성요통 환자의 통증 관리는 자율신경계의 균형 회복과 함께 이루어져야 하며, 이를 위한 통합적 운동 접근이 요구된다. 최근에는 자율신경계 균형 회복에 도움이 되는 운동으로 ‘슬로 엑서사이즈(Slow Exercise)’가 주목받고 있다. 이 운동은 느리고 부드러운 동작을 통해 호흡과 정신의 집중을 유도하며, 대표적인 예로 필라테스, 요가, 태극권 등이 있다(김현나, 2005).

그중 필라테스는 비교적 저강도의 운동으로, 코어 근육 강화, 자세 정렬, 유연성 증진, 그리고 호흡을 통한 이완 및 집중력 향상에 효과적이다(Rayes 등, 2019). 필라테스는 호흡(breath), 중심(centering), 조절(control), 정확(precision), 집중(concentration), 흐름(flow)의 여섯 가지 원리를 기반으로 하며, 신체 정렬과 움직임의 효율성을 강조한다(Joseph과 Simona, 2004). 이 중에서도 호흡은 필라테스의 핵심 요소로, 운동 수행 동안 근육의 긴장과 이완을 조절하고 에너지 효율을 높이며, 순환계 및 소화계 기능을 개선하는 생리적 조절 기전으로 작용한다(박명숙과 칼렌다정희, 2004).

정상적인 호흡에서 흡기는 호흡근의 능동적 수축에 의해 이루어지며, 호기는 폐 조직의 탄성 복원력(elastic recoil)에 의해 수동적으로 이루어진다(Davies, 1990). 안정시 가로막 수축은 가슴 안의 상하 직경을 팽창시키고 바깥사이근의 수축은 전후 직경을 팽창시켜 가슴 안 내압을 증가시킨다. 가슴 안 내압이 감소하면 폐가 팽창하게 되고, 외부와 연결된 폐 내부의 압력은 감소한다. 폐포 내의 압력이 대기 압력과 같아질 때까지 외부의 공기가 폐로 들어 오는데 이를 들숨이라 한다(Silverthorn, 2007).

정상적 호흡과 반대로 만성요통 환자는 호흡 시 폐가 스스로 팽창하거나 수축하지 못하고(Cahalin 등, 2002), 가로막의 기능 저하로 인해 체간 안정성이 요구되는 운동조절 과제에서 호흡정지(breath hold)와 같은 호흡패턴 변화를 보고한다(Roussel 등, 2009). 이러한 가로막 기능 감소는 복부 표층근인 복직근(rectus abdominis)과 복횡근(transverse abdominis)의 과긴장을 유발하고, 동시에 심부근육의 활성은 저해된다(Moseley와 Hodges, 2005).

호흡 패턴이 변화된 만성요통 환자에게 호흡 요법을 적용한 결과, 통증과 기능, 기분 상태가 유의하게 개선되었다고 보고되었으며(Mehling 등, 2005), 메타분석에서도 호흡요법이 만성요통 개선에 효과적인 중재가 될 수 있음을 제시하였다(He 등, 2020). 이러한 점에서 필라테스의 호흡법은 흉곽 하부의 확장과 복부

및 골반저근(pelvic floor muscles)의 수축을 동시에 유도하여(Latey, 2001), 호흡 기능에 중요한 역할을 하는 가로막을 활성화시킬 뿐만 아니라(Hodges 등, 2007; Kalpakcioglu 등, 2009) 흉곽 둘레를 정상화하여 신체적 안정감과 코어 근육의 발달, 비만 감소 등에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보고되었다(노수연, 김혜진, 2006; Pilates, 등, 2000). 이러한 근활성 증가는 체간 안정화뿐 아니라 심리적 긴장 완화와 정서적 안정 향상에도 기여하는 것으로 나타났다(황슬기, 2012).

또한 필라테스 호흡은 늑골과 늑간근의 움직임을 개선하여 흉곽 기능을 향상시키는 것으로 보고되며, 이는 호흡기능 개선과 관련된 가능성이 제시되고 있다(Fernández-Rodríguez 등, 2019). 호흡 중심의 움직임은 산소 교환 효율을 높이고, 대사과정의 활성화와 체내 순환 개선으로 이어지며, 이러한 기전은 신체 회복력 향상과 재활 효과 증진에 기여한다(Gildenhuis, 2013; Pereira와 Mario Jose, 2022; Anderson, 2000).

필라테스 호흡은 흉곽 확장과 복횡근 및 골반저근의 동시수축을 통해 체간 안정성과 척추 분절 조절을 향상시키도록 설계된 기능적 호흡이며, 느리고 깊은 복식호흡과 같이 직접적으로 자율신경계를 조절하기 위한 호흡과는 목적과 패턴이 다르다. 그러나 체간 안정성 증진은 통증 감소, 근긴장 완화, 자세 개선, 심리적 안정과 같은 2차적인 생리·심리 변화를 유발하며 이는 교감신경의 과활성 억제와 부교감신경 활성 증가와 같은 자율신경계 균형 회복에 간접적으로 기여할 수 있다.

즉, 필라테스 호흡은 직접적인 조절 호흡은 아니지만, 통증과 스트레스 감소를 매개로 자율신경계 기능 향상에 간접적으로 기여할 수 있다. 자율신경계는 교감신경과 부교감신경이 서로 길항적으로 작용하여 신체의 항상성을 유지하는 체계로, 특정 상황에서 한쪽 활성도가 높아지면 전체 균형이 변할 수 있다. 따라서 자율신경계의 기능 변화를 이해하기 위해 두 신경계의 상호작용을 함께 고려해야 하며, 불균형이 나타날 경우 신체적·정서적 반응에도 영향을 미칠 수 있다(백승현 외, 2010).

만성 통증은 이러한 자율신경계 균형을 흐트러는 주요 요인 중 하나로 알려져 있으며, 통증이 증가하면 스트레스 반응이 높아지고 이는 자율신경계 기능의 변화를 유발하게 된다. 이러한 변화는 심장 박동의 양상에 반영되므로, 심박변이도(heart rate variability, HRV)는 통증과 관련된 교감신경계 및 부교감신경계의 균형 상태를 비침습적으로 파악할 수 있는 지표로 활용된다(Tracy 등, 2016). 또한 통증은 뇌 기능에도 영향을 미쳐 신경활동의 변화를 초래할 수 있으며, 이러한 변화는 뇌파(electroencephalography, EEG)를 통해 확인할 수 있다. EEG는 두피에 전극을 부착하여 뇌에서 생성되는 전기적 신호를 기록하는 방식으로, 뇌의 활성 변화를 비침습적으로 측정하는 도구로 이용된다(Friedman 등, 2017). 따라서 HRV와 EEG는 만성요통 환자의 자율신경계 반응과 신경생리학적 변화를 함께 평가할

수 있는 유용한 측정 방법으로 볼 수 있다.

필라테스 호흡과 움직임이 의도한 방식으로 수행되기 위해서는 동작과 호흡의 정확한 조절이 필수적이며, 이를 위해 지도자의 큐잉(cueing)이 중요한 역할을 한다. 필라테스 지도에서 큐잉은 동작 수행 방법을 명확하게 안내하기 위한 기본적인 지도 기법으로, 이미지나 간단한 표현을 활용하여 움직임의 방향과 형태를 이해하기 쉽게 전달하는 방식으로 설명된다(McGill, 2006). 필라테스 지도자의 전문성과 세밀한 피드백 제공은 참여자의 운동 수행과 물입에 영향을 미치는 요소로 보고되었으며(Lee & Park, 2016), 또한 큐잉을 활용한 지도법은 일반적인 지도 방식보다 근골격계 체성분 변화와 신체적 자기개념 향상에 더 효과적인 것으로 제시된 바 있다(정수영, 2022). 이러한 점을 고려하면 필라테스 중재에서는 언어적 큐잉, 시각적 큐잉, 촉각적 큐잉 등을 활용하여 동작과 호흡이 잘 이루어지는지 확인하는 과정이 필요하다.

규칙적인 필라테스 운동은 단순한 근골격계 강화뿐 아니라, 신경생리학적 안정화에도 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 운동을 통해 교감신경계의 과도한 활성화를 억제하고 부교감신경계의 활성을 촉진함으로써 자율신경계의 균형 회복이 유도된다(Shen 등, 1995). 이러한 생리적 기전은 필라테스 호흡이 단순한 근력 운동을 넘어 신체적·정신적 안정성을 동시에 회복시키는 치료적 접근법임을 뒷받침한다.

결국, 만성요통 환자의 재활에는 근육과 인대의 강화뿐만 아니라 자율신경계 조절을 포함한 통합적 운동 중재가 필요하며, 필라테스 호흡을 동반한 매트 필라테스 운동은 이러한 통합적 접근을 가능하게 하는 효과적인 중재 방법으로 제안될 수 있다. 그러나 현재 필라테스 운동이 요통 완화에 미치는 효과에 대한 연구는 다수 보고되어 있으나, 대부분 근력 강화나 통증 감소 등 신체적 지표에만 국한되어 있다. 필라테스의 핵심 요소인 호흡이 자율신경계의 균형에 어떠한 생리적 변화를 유도하는지에 대한 실증적 분석은 거의 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구는 필라테스 호흡을 동반한 매트 필라테스 운동 프로그램이 만성요통 환자의 통증과 자율신경계 반응에 미치는 영향을 규명하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 대전광역시에 위치한 W 필라테스 센터에서 만성요통을 호소하는 성인 남녀 26명을 대상으로 실시하였다. 대상자 선정 기준은 만 19세 이상의 성인 남녀로서 3개월(12주) 이상 요통이 지속된 자, 시각적 통증척도(visual analogue scale,

VAS) 점수가 4점 이상인 자, 한국어판 오스웨스트리 장애지수(Korean Oswestry disability index, K-ODI) 점수가 0~60점 범위에 해당하는 자, 과거 필라테스 운동 경험이 없는 자, 그리고 연구 목적과 절차를 충분히 이해하고 자발적으로 참여에 동의한 자로 하였다.

제외 기준은 자율신경계에 영향을 줄 수 있는 약물을 복용 중인 자, 호흡에 영향을 미치는 근골격계 또는 신경계 질환을 가진 자, 임신 중이거나 최근 출산 경험이 있는 자로 하였다. 연구 참여에 앞서 모든 대상자에게 연구의 목적과 절차를 충분히 설명하였으며, 자발적으로 참여 의사를 밝힌 경우에 한하여 서면 동의를 받았다. 총 26명의 대상자 중 2명이 개인적 사유로 중도 탈락하여, 최종적으로 24명의 자료를 분석에 활용하였다.

2. 연구절차 및 절차

본 연구는 필라테스 호흡을 병행한 매트 필라테스 운동이 만성요통 환자의 통증, 기능적 장애, 그리고 자율신경계 반응에 미치는 영향을 규명하기 위한 무작위 대조군 설계(randomized controlled trial)로 진행되었다.

연구대상자 수는 G*Power 3.1.9.7 프로그램을 이용하여 산출하였다. 선행연구(권오국 등, 2024)에서 주요효과에 대하여 효과크기(effect size) $d = 1.21$ 을 산출하였다. 유의수준(α) = .05, 검정력($1-\beta$) = .80으로 설정한 결과, 각 집단당 12명, 총 24명의 대상자가 필요한 것으로 산출되었다. 탈락률을 고려하여 총 26명을 모집하였으며, 최종적으로 24명의 자료를 분석에 활용하였다.

모집된 대상자는 인터넷 무작위 배정 프로그램(<https://www.randomizer.org>)을 이용하여, 필라테스 호흡을 병행한 매트 운동 프로그램을 적용한 실험군($n = 12$)과 일반 호흡을 병행한 매트 운동 프로그램을 적용한 대조군($n = 12$)으로 무작위 배정하였다.

중재 전, 실험군은 필라테스 호흡법에 대한 교육을 받았으며, 교육은 매트 및 기구 필라테스 자격을 보유한 전문 강사에 의해 실시되었다. 실험군은 흉곽 확장, 복부 수축, 골반저근의 동시 활성화를 포함한 필라테스 호흡법을 충분히 숙지한 후, 모든 매트 필라테스 동작에서 이를 병행하도록 하였다.

운동 프로그램은 모든 대상자에게 동일하게 적용되었으며, 준비운동(warm-up) 10분, 본운동(main exercise) 30분, 정리운동(cool-down) 10분으로 구성되었다. 프로그램은 요추부 안정화(lumbar stabilization)에 중점을 두었으며, 폼롤러(foam roller), 세라밴드(thera-band), 보수(bosu) 등의 소도구를 활용하였다. 이러한 도구들은 불안정한 지지면과 저항 자극을 제공하여 균형 유지 능력을 향상시키고, 체간 안정성과 근력 강화를 유도하였다.

모든 중재 종료 후에는 약 10분의 휴식 시간을 제공하였으며,

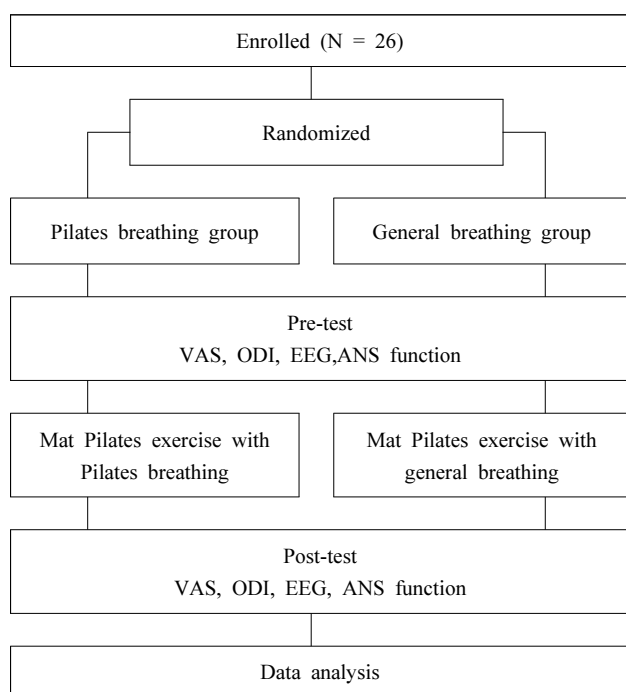


그림 1. 연구 설계 및 절차

전체 중재 시간은 약 1시간이 소요되었다. 운동은 주 2회, 4주간 총 8회 실시하였다. 연구의 전체 설계 및 절차는 그림 1에 제시하였으며, 매트 필라테스 운동 프로그램의 구성은 표 1과 같다.

모든 대상자는 헬싱키 선언의 윤리 원칙에 따라 연구 목적과 절차에 대한 설명을 들은 후 자발적으로 참여에 동의하였다. 본 연구는 대전대학교 기관생명윤리위원회에서 승인 받은 후 진행하였다(IRB No. 1040647-202506-HR-017-03).

3. 중재방법

1) 실험군(필라테스 호흡 적용군)

실험군은 필라테스 호흡을 병행한 매트 운동 프로그램을 적용하였다. 필라테스 호흡법서 들숨은 코로 팔기를 들이마시되, 가슴을 내밀거나 들쭉이거나 복부가 과도하게 팽창되지 않도록 주의하면서 갈비뼈가 측면으로 확장되도록 유도하였다. 날숨은 입을 통해 공기를 내보내며 복횡근과 골반저근을 활성화하여 하복부가 수축되도록 하였다. 숨을 끝까지 내뿜은 후 확장된 흉곽이 수축되면서 잔류 공기가 최대한 배출되도록 지도하였다.

운동 중에는 들숨과 날숨이 동작의 전 범위에 걸쳐 연속적으로 수행되도록 하였으며, 모든 동작에서 호흡의 연결을 유지하도록 강조하였다. 호흡이 충분히 숙지되지 않은 상태에서 동작에만 집중할 경우 운동 효과가 감소할 수 있고, 호흡을 억제할 경우 산소 공급이 저하될 수 있으므로, 정확하고 일정한 리듬의 호흡 수행을

표 1. 운동 프로그램 구성

Pilates Exercise Program	Name	Time	Frequency
Warm up	① Spine stretch	10min	
	② Spine twist		
	③ Saw		
	④ Mermaid Prep		
Main	⑤ Curl up (with mini ball)	30min	4-week program with two sessions per week was implemented
	⑥ Curl up & one leg extension(with mini ball)		
	⑦ Criss cross (with mini ball)		
	⑧ Hundred		
	⑨ Hip rolls (with foam roller)		
	⑩ Shoulder bridge (with foam roller)		
	⑪ Rowing series 1.Round back (with thera bend)		
	⑫ Rowing series 2.Rotation (with thera bend)		
	⑬ Lunge-front (with bosu)		
	⑭ Squat (with bosu)		
	⑮ Side bend (with foam roller)		
	⑯ Spine articulation -standing position (with foam roller)		
Cool down	⑰ Spine articulation -standing position (with foam roller)	10min	

강조하였다(그림2).

실험군은 필라테스 호흡법을 유지하며, 4주간 주 2회, 총 8회의 필라테스 매트 운동 프로그램을 실시하였다. 필라테스 호흡의 정확한 수행 여부는 필라테스 전문 강사가 대상자의 흉곽 움직임과 복부 수축 양상을 시각적으로 관찰하고, 필요시 촉각적 피드백을 제공하여 확인하였다



들숨: 코로 숨을 들이마셔 마시는 숨에 가슴을 내밀거나 어깨를 들쭉이거나 복부를 과도하게 팽창시키지 않도록 주의시켜 갈비뼈가 측면으로 확장할 수 있도록 한다.

날숨: 아래 배가 수축할 수 있도록 입으로 숨을 뱉는다. 복횡근과 골반저근을 사용하여 숨을 끝까지 내뿜은 후 확장된 흉곽이 수축되면서 잔류 공기가 최대 배출되도록 유도한다.

그림 2. 필라테스 호흡시 흉곽의 움직임

2) 대조군(일반 호흡 적용군)

대조군은 동일한 필라테스 매트 운동 프로그램을 수행하되, 호흡에 대한 별도의 중재 없이 평소 본인의 자연스러운 호흡 패턴을 유지하도록 하였다. 대조군 역시 4주간 주 2회, 총 8회의 운동을 동일하게 실시하였다. 모든 대상자가 수행한 필라테스 매트 운동 프로그램은 그림 3과 같다.

NAME	TAKE THROUGH
Spine stretch	▶ 시작자세: long sitting pelvic spine neutral, long sitting pelvic spine neutral, knee extension, ankle dorsiflexion, 견갑골 안정화하여 양팔 손바닥 서로 마주보게 두고 앞으로 뻗기 ▶ 동작: 내쉬면서 골반중립은 유지하며 머리 앞부터 굴곡하기→마시면서 호흡하기→내쉬면서 아래부터 척추 중립으로 세우기→마시면서 시작자세로 돌아오기
총 4회 반복	
Spine twist	▶ 시작자세: long sitting pelvic spine neutral, long sitting pelvic spine neutral, knee extension, ankle dorsiflexion, 견갑골 안정화하여 양팔 손등이 천장 방향 45도 벌려서 어깨보다 아래로 들기 ▶ 동작: 마시면서 준비, 내쉬면서 상체를 한쪽으로 회전시키기, 마시면서 처음 자세로 돌아오기, 내쉬면서 반대 방향으로 상체를 회전시키기
총 4회 반복	
Saw	▶ 시작자세: long sitting pelvic spine neutral, long sitting pelvic spine neutral, knee extension, ankle dorsiflexion, 견갑골 안정화하여 양팔 손등이 천장방향 45도 벌려서 어깨보다 아래로 들기 ▶ 동작: 마시면서 상체를 한쪽으로 회전시키기, 내쉬면서 회전 된 상체를 머리부터 차례대로 척추를 앞으로 굴곡 시키고 앞으로 뻗은 팔은 새끼발가락 바깥을 향해 뻗어내며 뒤쪽으로 뻗은 팔은 내회전해서 뻗어내기, 마시면서 꼬리뼈부터 차례대로 척추를 신전시켜 일어나고 동시에 뒤쪽 팔은 다시 내회전하여 돌아오기 이때 상체 회전 풀리지 않게, 내쉬면서 상체가 정면을 바라보며 처음으로 돌아오기
총 4회 반복	

NAME	TAKE THROUGH
Mermaid Prep	▶ 시작자세: sitting pelvic spine neutral, 한 다리 internal rotation, 반대 다리 external rotation 후 무릎 위치 맞춰 골반 앞에 두고 이때 골반 높이 맞추기, 견갑골 안정화하여 두 팔 어깨 옆으로 뻗기 ▶ 동작: 마시면서 외회전 팔 머리 위로 들기 내쉬면서 반대쪽 팔꿈치 굽히며 척추 측굴하기, 마시면서 척추 중립으로 돌아오기, 내쉬면서 올렸던 팔 내리기, 마시면서 반대쪽 팔 머리 위로 들기
총 4회 반복	
Curl up(with mini ball)	▶ 시작자세: Supine, pelvic spine neutral, 견갑대 사이 mini ball ,고개는 뒤로 젖힌 상태, hip parallel, abduction sit bone 너비, 견갑골 안정화 후 양 손바닥 뒤통수 ▶ 동작: 내쉬는 호흡에 흉추로 mini ball을 누르며 흉추 상부까지 굴곡하고→양팔 어깨높이 만큼 들어서 길게 뻗기 마시면서 복부 수축을 유지하기→내쉬면서 시작자세로 돌아온다
총 8회 반복	
Curl up & one leg extension (with mini ball)	▶ 시작자세: Supine, pelvic spine neutral, 견갑대 사이 mini ball ,고개는 뒤로 젖힌 상태, hip parallel, abduction sit bone 너비, 견갑골 안정화 후 양 손바닥 뒤통수 ▶ 동작: 마시는 호흡에 curl up 자세를 유지하며 한 다리를 table top 자세로 들어 올림→내쉬는 호흡에 table top 다리를 엉덩이 기준 사선 윗 방향으로 무릎을 펴 발끝 찢려주기→마시는 호흡에 뻗은 다리를 table top 자세로 돌아오기
총 8회 반복	
Criss cross (with mini ball)	▶ 시작자세: Supine, pelvic spine neutral, hip parallel, abduction sit bone 너비, knee flexion, 견갑골 안정화 후 양 손으로 mini ball 잡기 ▶ 동작: 내쉬면서 다리는 table top 유지하고 상체를 한쪽으로 회전하며 양팔을 길게 뻗기→마시면서 시작자세로 돌아오기
총 10회 3세트	

NAME	TAKE THROUGH
Hundred	▶ 시작자세: Supine, pelvic spine neutral, hip parallel, abduction sit bone 너비, knee flexion, 견갑골 안정화 후 양손 몸통 옆에 위치 ▶ 동작: 내쉬면서 머리 들며 흉추 굴곡→동시에 팔을 골반 위로 뻗어주기→마시면서 5카운트동안 팔로 펴는 동작을 하여 어깨관절 움직임을 만들기→내쉬면서 5카운트동안 팔로 펴는 동작을 하여 어깨관절 움직임을 만들기→마시면서 천천히 시작자세로 돌아오기

총 10회 5세트 반복

NAME	TAKE THROUGH
Hip rolls (with foam roller)	▶ 시작자세: Supine, pelvic spine neutral, hip parallel, abduction sit bone 너비, knee flexion하여 양 발을 Foam roller 위에 올려두기, 견갑골 안정화하여 몸통 옆에 두기 ▶ 동작: 내쉬면서 imprint 지나 꼬리뼈부터 순차적으로 굴곡하여 어깨와 무릎이 일직선이 되도록 골반을 들어 올리기→마시면서 유지하기→내쉬면서 흉추부터 순차적으로 하나씩 굴곡하여 시작자세로 돌아오기

총 8회 반복

NAME	TAKE THROUGH
Shoulder bridge (with foam roller)	▶ 시작자세: Supine, pelvic spine neutral, hip parallel, abduction sit bone 너비, knee flexion하여 양 발을 Foam roller 위에 올려두기, 견갑골 안정화하여 몸통 옆에 두기 ▶ 동작: 내쉬면서 한번에 엉덩이를 들어 bridge position 만들기→마시면서 한 다리 table top을 지나 천장으로 길게 뻗기→내쉬면서 뻗어진 다리 발목 당겨 반대 다리 허벅지 높이까지 내리기→마시면서 다시 천장으로 길게 뻗어주며, 3회 반복하기→내쉬면서 시작 자세로 돌아오기

총 3회 2세트

NAME	TAKE THROUGH
Rowing series 1.Round back (with theraband)	▶ 시작자세: long sitting, pelvic spine neutral, hip parallel, abduction sit bone 너비, knee flexion, 발바닥에 밴드 걸기, 견갑골 안정화하여 양팔 정권 자세로 밴드 잡기 ▶ 동작: 내쉬면서 꼬리뼈부터 차례로 내려가 요추 굴곡하기→마시면서 척추를 길게 세우며 시작자세로 돌아오기

총 8회 반복

NAME	TAKE THROUGH
Rowing series 2.Rotation (with theraband)	▶ 시작자세: long sitting, pelvic spine neutral, hip parallel, abduction sit bone 너비, knee flexion, 발바닥에 밴드 걸기, 견갑골 안정화하여 양팔 정권 자세로 밴드 잡기 ▶ 동작: 내쉬면서 꼬리뼈부터 차례로 내려가면서 상체를 한쪽으로 회전하고 동시에 전완을 펼쳐 열기→마시면서 시작자세로 돌아오기

총 10회 2세트

NAME	TAKE THROUGH
Rowing series 3.Biceps curls (with theraband)	▶ 시작자세: long sitting, pelvic spine neutral, hip parallel, abduction sit bone 너비, knee flexion, 발바닥에 밴드 걸기, 견갑골 안정화하여 양팔 정권 자세로 밴드 잡기 ▶ 동작: 내쉬면서 꼬리뼈부터 차례로 내려가 요추 굴곡하기→마시면서 몸통의 굴곡을 유지한 채 팔 앞으로 뻗기→내쉬면서 팔꿈치 굽히기 (8회 반복)→마시면서 양팔 정권 자세로 바꾸어 시작자세로 돌아오기

총 8회 반복

NAME	TAKE THROUGH
Lunge-front(with bosu)	▶ 시작자세: standing, pelvic spine neutral, hip parallel, abduction sit bone 너비, 견갑골 안정화하여 양 팔 지니엄 포즈 ▶ 동작: 마시면서 한 쪽 다리를 bosu 위에 올려놓기→내쉬면서 양 쪽 무릎을 90도 굽히기 →마시면서 시작자세로 돌아오기

총 8회 반복

NAME	TAKE THROUGH
Squat (with bosu)	▶ 시작자세: standing, pelvic spine neutral, hip parallel, abduction sit bone 너비, 견갑골 안정화하여 양 팔 지니엄 포즈 ▶ 동작: 마시면서 척추와 골반의 중립을 유지한 채 두 무릎의 간격을 유지하면서 앞으로 구부리기→내쉬면서 시작자세로 돌아오기

총 8회 반복

NAME	TAKE THROUGH
Side bend (with foam roller)	▶ 시작자세: standing, pelvic spine neutral, hip parallel, abduction sit bone 너비, 견갑골 안정화하여 양 팔 천장으로 뻗기 ▶ 동작: 내쉬면서 양 발에 중심을 동일하게 유지하고 머리부터 순차적으로 측굴하기-마시면서 척추를 길게 늘여 시작자세로 돌아오기
총 8회 반복	
Spine articulation -standing position (with foam roller)	▶ 시작자세: standing, pelvic spine neutral, hip parallel, abduction sit bone 너비, 견갑골 안정화하여 foam roller 지지하기 ▶ 동작: 내쉬면서 골반의 수직은 최대한 유지한 채로 머리부터 순차적으로 굴곡하며 foam roller를 밀어내기-마시면서 꼬리뼈부터 순차적으로 신전하여 척추를 중립으로 길게 늘이기-마시면서 시작자세로 돌아오기
총 4회 반복	

그림 3. 필라테스 매트 운동 프로그램

4. 평가 방법

1) 시각적 상사 척도(visual analogue scale)

통증의 정도를 주관적으로 평가하기 위해 VAS를 사용하였다. 참가자는 ‘통증 없음(0점)’에서 ‘참을 수 없는 통증(10점)’까지의 범위 중 자신의 통증 정도를 표시하였다. VAS는 검사-재검사 신뢰도($r=.99$), 측정자 간 신뢰도($r=1.00$)가 매우 높은 도구로 검증되었다(Wagner 등, 2007).

2) 한국어판 오스웨스트리 장애지수(Korean Oswestry disability index)

요통으로 인한 기능장애 수준을 평가하기 위해 K-ODI를 사용하였다. 총 9개 항목(통증 1문항, 일상활동 관련 8문항)으로 구성되며, 각 항목은 0~5점의 6점 척도로 채점된다. 총점은 백분율(%)로 환산되며, 0~20%는 경증, 21~40%는 중등도, 41~60%는 중증, 60% 이상은 고도 장애로 분류된다(양노열 등, 2010). K-ODI의 내적 신뢰도는 .92로 보고되어 임상적으로 타당한 도구로 인정된다(Mousavi 등, 2006).

3) 뇌파 및 자율신경계 기능 평가(EEG and autonomic nervous system function assessment)

EEG 및 자율신경계(autonomic nervous system) 기능 평가는 OmniFit MindCare(Omni C&S, Korea) 디지털 바이오피드백 장비를 사용하여 수행하였다. 이 장비는 EEG와 맥파(photoplethysmogram, PPG)를 동시에 측정하여 뇌 활동도, 자율신경계 균형, 및 심리적 스트레스 수준을 종합적으로 분석하는 비침습적 평가 도구이다. 장비의 구성은 그림 4에 제시하였다.



그림 4. OmniFit MindCare 장비의 구성

(1) 뇌파 평가(electroencephalography Analysis)

EEG분석은 세타파(θ), 알파파(α), 베타파(β), 감마파(γ) 등 주요 주파수 대역을 중심으로 수행하였다. 각 주파수 대역은 피험자의 각성 수준, 이완 상태, 인지 기능, 및 좌우 대뇌의 균형 정도를 객관적으로 평가하는 지표로 활용되었다. 세타파는 휴식 및 심리적 안정과 관련이 있으며, 알파파는 편안한 각성과 주의 집중, 이완 상태를 반영한다. 하이베타파(high β)는 각성도 증가 및 긴장 상태에서 주로 나타나는 파형으로, 정신적 부담이나 스트레스 수준이 높을 때 증가하는 경향을 보인다. 따라서 세타파와 알파파의 증가는 안정 및 이완 상태를, 하이베타파의 증가는 교감신경계의 항진과 각성 상태를 반영하는 생리적 지표로 해석하였다.

(2) 자율신경계 기능평가(ANS and HRV analysis)

자율신경계 기능 평가는 HRV를 이용하여 수행하였다. HRV는 교감신경과 부교감신경의 활성 정도와 자율신경계의 균형 상태를 반영한다. 자율신경계 활성도(ANS activity)는 PPG 기반으로 측정된 HRV 분석을 바탕으로 산출된 통합 지표로, 심장 박동, 소화, 호흡, 발한 등 생리적 항상성을 유지하는 자율신경계의 기능 상태를 전반적으로 반영하는 값이다(홍지현, 2023).

HRV분석에는 HRV 타코그램(HRV Tachogram), HRV 히스토그램(HRV Histogram), 평균 심박수(Mean HR), 최고 및 최저 심박수(Max/Min HR), RR 간격의 표준편차(standard deviation of NN intervals, SDNN), 저주파(LF)/고주파(HF) 비율 등의 세부 지표가 포함되었다. SDNN은 HRV 증가 시 함께 증가하며, 생리적 회복탄력성(physiological resilience)의 지표로 해석된다(Kim & Min, 2015). 연속된 NN 간격 차의 제곱 평균에 대한 제공근(RMSSD, root mean square of the successive differences)은 단기 심박 변이를 반영하며, 값이 클수록 부교감신

경계 활성 및 이완상태가 높음을 의미한다(Kim 등, 2005).

본 연구에서 사용된 자율신경계 활성도와 HRV는 이러한 HRV 파라미터를 종합하여 산출된 통합 지표로, 특정 신경(교감 또는 부교감)의 활성 증가를 직접적으로 나타내지 않는다. 따라서 두 지표의 변화는 자율신경계 조절 능력이나 균형 상태의 변화를 간접적으로 파악하는데 활용하였다.

모든 측정은 외부 자극이 차단된 조용하고 일정한 온도의 환경에서 실시되었으며, 대상자는 측정 전 5분간 안정 상태를 유지하였으며, 측정동안에는 눈을 감고 자연스러운 호흡을 지속하도록 하였으며, 들숨과 날숨의 리듬은 일정하게 유지하여 자율신경계의 호흡 반응을 관찰하였다.

EEG와 PPG 신호는 OmniFit MindCare 장비를 통해 동기 기록되었고, 분석 결과는 전용 내장 소프트웨어를 통해 자동으로 수치화 및 시각화되었다. 분석 결과의 예시는 그림 5와 같다.

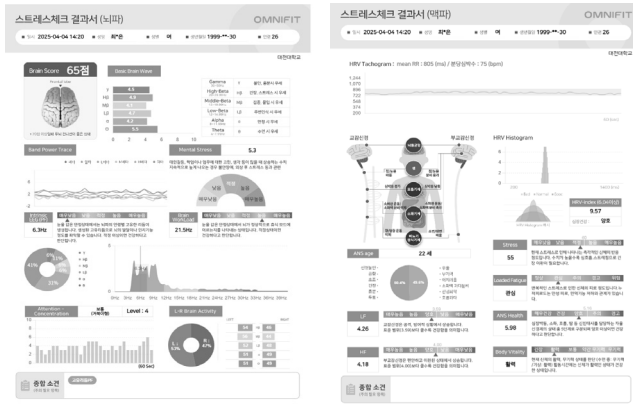


그림 5. OmniFit MindCare 분석 결과 예시

5. 분석 방법

본 연구의 통계 분석은 사전 및 사후 측정값을 활용하여 집단 내 변화와 집단 간 효과 차이를 검증하는 방식으로 진행하였다. 모든 분석은 SPSS Window(version 23.0, IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 사용하여 수행하였다. 연구 대상자의 일반적 특성은 기술통계 분석을 통해 평균(Mean)과 표준편차(Standard Deviation, SD)로 제시하였다.

집단 간 동질성 검정을 위해 연속형 변수는 독립표본 t-검정(Independent t-test)을, 명목형 변수는 카이제곱검정(χ^2 -test)을 적용하였다. 주요 변수(VAS, K-ODI, HRVIndex, EEG-derived brainwave, autonomic nervous activity)의 정규성은 Shapiro-Wilk 검정을 통해 확인하였다.

일부 변수에서 정규성이 충족되지 않은 경우 비모수 검정을 적용하였다. 이에 따라 사전·사후 비교(집단 내 변화)는 윌콕슨 부호순위검정을 사용하였으며, 집단 간 비교는 독립표본 t-검정

또는 Mann-Whitney U 검정으로 분석하였다. 모든 통계 분석의 유의 수준(α)은 .05로 설정하였다.

III. 연구결과

연구 대상자 26명 중 2명이 중도 탈락하여 최종 24명의 자료가 분석에 포함되었다. 대상자는 무작위 배정을 통해 필라테스 호흡군 12명과 일반 호흡군 12명으로 배정되었으며, 두 집단 모두 4주간 동일한 매트 필라테스 운동 프로그램을 수행하였다. 대상자의 일반적 특성은 표 2에 제시하였다.

중재 결과, 필라테스 호흡군에서 중재 후 VAS와 K-ODI 값이 유의하게 감소하였다($p<.05$), 반면 일반 호흡군에서는 두 지표 모두에서 유의한 변화가 나타나지 않았다($p>.05$)(표 3). 또한 두 집단 간 변화량 비교에서도 필라테스 호흡군의 감소 폭이 일반 호흡군보다 유의하게 더 컸다($p<.05$)(표 4).

자율신경계 활성도와 HRV 지수는 표 3과 표 5에 제시되었다. 필라테스 호흡군에서는 자율신경계 활성도가 중재 후 유의하게 증가하였으며($p<.05$), HRV 지수 역시 증가하는 경향을 보였다. 반면 일반 호흡군에서는 두 지표 모두에서 유의한 변화가 확인되지 않았다($p>.05$)(표 3). 변화량 비교결과, 자율신경계 활성도와 HRV 지수 모두에서 필라테스 호흡군의 개선 폭이 유의하게 더 높았다($p<.05$)(표 5).

EEG 지표는 표 3과 표 6에 제시하였다. 필라테스 호흡군에서 알파파는 증가하고, 하이베타파는 감소하는 경향이 관찰되었으나, 모든 주파수 대역(Alpha, Theta, High Beta)에서 통계적으로 유의한 변화는 확인되지 않았다($p>.05$)(표 3). 두 집단 간 변화량 비교에서도 유의한 차이는 나타나지 않았다($p>.05$)(표 6).

반면 두뇌 컨디션지수(brain condition index, BCI)는 필라테스 호흡군에서 중재 후 유의하게 증가하였으며($p<.05$), 일반 호흡군에서는 유의한 변화가 나타나지 않았다($p>.05$)(표 3). 두 집단 간 변화량 비교에서도 필라테스 호흡군의 증가 폭이 유의하게 더 큰 것으로 나타났다($p<.05$)(표 6).

표 2. 대상자의 일반적인 특성 (N=24)

Variables (units)	PBG(n=12)	GBG(n=12)	$\chi^2/t(p)$
Age (year)	28.00±2.17	27.08±1.61	1.287(0.215)
Height (cm)	166.75±8.26	167.42±7.27	-0.210(0.836)
Weight (kg)	61.33±13.42	64.25±15.78	-0.488(0.631)
BMI (kg/m ²)	21.88±3.23	22.76±4.45	-0.555(0.584)

표 3. 두 집단 내 사전-사후 변화 (Wilcoxon 부호순위 검정)

Variables (units)		Pre	Post	Z (p)
VAS (score)	PBG	4.21±1.15 ^a	1.64±0.81	-2.823(0.010 [*])
	GBG	4.26±1.30	2.21±1.11	-0.212(0.834)
K-ODI (score)	PBG	8.26±2.77	2.50±1.67	-2.813(0.011 [*])
	GBG	8.34±2.81	4.38±1.77	-0.322(0.751)
Alpha (μV)	PBG	4.45±1.27	4.17±1.07	-2.651(0.014 [*])
	GBG	4.77±1.55	4.64±1.42	-0.253(0.801)
Theta (μV)	PBG	5.27±1.49	4.72±1.30	-2.701(0.012 [*])
	GBG	6.16±2.30	5.44±1.74	-0.182(0.857)
High Beta (μV)	PBG	5.63±1.50	4.69±1.27	-2.421(0.016 [*])
	GBG	5.71±1.75	5.64±1.70	-0.204(0.842)
BCI	PBG	63.41±16.43	69.69±18.01	-2.813(0.011 [*])
	GBG	61.95±18.46	60.96±18.31	-0.321(0.751)
HRV index	PBG	11.09±3.06	12.27±3.57	-0.782(0.439)
	GBG	12.16±3.86	10.86±3.42	-0.434(0.674)
ANS activity	PBG	6.79±1.78	7.02±1.81	-2.651(0.014 [*])
	GBG	6.92±2.06	6.61±1.97	-0.251(0.801)

^aMean ± standard deviation. PBG: pilates breathing group, GBG: general breathing group, VAS: visual analogue scale, K-ODI: Korean version of the Oswestry disability index, BCI: brain condition index, HRV: heart rate variability, ANS: autonomic nervous system

표 4. 두 집단 간 통증 및 한국판 오스웨스트리 장애지수(K-ODI) 변화 비교

Variables (units)		PBG(n=12)	GBG(n=12)	Z (p)
VAS (score)	Pre	4.21±1.15 ^a	4.26±1.30	-0.142(0.887)
	Post	1.64±0.81	2.21±1.11	-2.195(0.028)
	Diff	-2.54±1.10	-2.01±1.18	-2.385(0.017)
K-ODI (score)	Pre	8.26±2.77	8.34±2.81	-0.047(0.963)
	Post	2.50±1.67	4.38±1.77	-2.454(0.015)
	Diff	-5.52±2.90	-3.84±1.88	-2.016(0.047)

^aMean ± standard deviation. PBG: pilates breathing group, GBG: general breathing group, VAS: visual analogue scale, K-ODI: Korean version of the Oswestry disability index.

표 5. 두 집단 간 자율신경계 활성도와 심박변이(HRV) 변화 비교

Variables (units)		PBG(n=12)	GBG(n=12)	Z (p)
ANS activity (score)	Pre	6.79±1.78 ^a	6.92±2.06	-1.114(0.265)
	Post	7.02±1.81	6.61±1.97	-1.184(0.236)
	Diff	0.31±1.25	-0.26±0.78	-2.252(0.023)
HRV (score)	Pre	11.09±3.06	12.16±3.86	-0.809(0.426)
	Post	12.27±3.57	10.86±3.42	1.055(0.301)
	Diff	1.30±2.91	-1.04±2.88	2.113(0.044)

^aMean ± standard deviation. PBG: pilates breathing group, GBG: general breathing group, ANS: autonomic nervous system, HRV: heart rate variability.

표 6. 두 집단 간 뇌파 활성도 및 두뇌컨디션 지수(BCI) 변화 비교

Variables (units)		PBG (n=12)	GBG (n=12)	t (p)
BWA (score)	Alpha Pre	4.45±1.27	4.77±1.55	-0.571(0.573)
	Alpha Post	4.17±1.07	4.64±1.42	-0.744(0.465)
	Alpha Diff	-0.24±0.73	-0.01±0.87	-0.744(0.465)
	Theta Pre	5.27±1.49	6.16±2.30	-1.164(0.257)
	Theta Post	4.72±1.30	5.44±1.74	0.573(0.571)
	Theta Diff	-0.48±1.03	-0.47±2.13	0.015(0.988)
	High Beta Pre	5.63±1.50	5.71±1.75	-0.131(0.897)
	High Beta Post	4.69±1.27	5.64±1.70	-1.692(0.103)
BCI (score)	High Beta Diff	-0.87±1.09	0.06±1.43	-1.957(0.061)
	Pre	63.41±16.43 ^a	61.95±18.46	0.221(0.830)
	Post	69.69±18.01	60.96±18.31	1.260(0.221)
	Diff	6.73±6.08	-0.09±9.09	2.246(0.037)

^aMean ± standard deviation. BWA: brain wave activity, BCI: brain condition index

IV. 고 찰

본 연구는 필라테스 호흡을 동반한 매트 필라테스 운동이 만성 요통 환자의 통증과 자율신경계 반응에 미치는 영향을 확인하기 위해 무작위 대조군 설계로 진행되었다. 만성요통 환자 24명을 필라테스 호흡군과 일반 호흡군으로 무작위 배정하여 동일한 매트 필라테스 운동을 주 2회, 4주간 적용하되, 호흡 방식만 다르게 하여 그 효과를 비교하였다.

통증과 기능적 장애에 대한 결과에서 필라테스 호흡군은 VAS와 K-ODI가 유의하게 감소하였으며, 이는 통증 완화와 일상생활 기능 향상에 긍정적인 변화를 보여준다. 이는 요부 안정화 운동이 근단면적 증가와 동적 균형능력 향상을 통해 통증을 감소시켰다고 보고한 김찬희 등(2012)의 연구와 일치하며, 필라테스 운동이 코어 안정성, 자세 정렬, 기능 수행 능력을 향상시켜 만성요통에 유익한 영향을 미친다는 선행연구와도 일치한다(Rayes 등, 2019; 권요국 등, 2024). 반면 일반 호흡군에서는 유의한 변화가 나타나지 않아, 동일한 매트 운동을 적용하더라도 호흡 방식의 차이가 중재 효과에 영향을 줄 가능성을 시사한다. 다만 본 연구는 비운동 대조군을 포함하지 않았으므로, 이러한 차이를 전적으

로 호흡 효과로만 단정하기보다는 ‘필라테스 호흡을 동반한 운동이 통증 및 기능 개선에 유리하게 작용했을 가능성’ 정도로 해석하는 것이 타당하다.

EEG 지표의 경우, 필라테스 호흡군에서 알파파 증가와 하이베타파 감소 경향이 나타났으나, 세 주파수 대역 모두에서 통계적 유의성은 확인 되지 않았다. 알파파 증가는 이완과 안정 상태, 주의집중 향상과 관련이 있고, 하이베타파 증가는 긴장·불안·교감신경 항진과 연관된 것으로 보고된다(황슬기, 2012; Muscolino와 Cipriani, 2004). 따라서 본 연구에서 관찰된 변화 방향 자체는 선행연구에서 제시된 EEG 변화 양상과 유사하다고 볼 수 있으나, 통계적으로 유의하지 않았기 때문에 ‘필라테스 호흡이 EEG에 뚜렷한 효과를 미쳤다’고 결론짓기는 어렵다. 본 결과는 필라테스 호흡이 뇌 기능과 정서적 안정에 긍정적 영향을 줄 가능성을 시사하는 수준으로 해석하는 것이 적절하며, 더 큰 표본과 장기간의 중재를 통해 재검증이 필요하다.

BCI는 필라테스 호흡군에서 유의하게 증가하였다. 필라테스 호흡은 흉곽 확장과 체계적인 호흡 조절을 통해 호흡 효율과 순환 기능을 향상시키고, 움직임 중 신체 감각과 집중을 강화하는 특성이 있다(박명숙과 칼렌다정희, 2004; Joseph과 Simona, 2004). 본 연구에서 관찰된 BCI의 향상은 이러한 호흡-운동 통합 기전이 주의집중과 뇌 기능 안정에 긍정적 영향을 미쳤을 가능성을 보여준다. 다만 이 지수는 복합 지표이므로, 세부 뇌파 대역별 변화와의 관계에 대한 정교한 분석이 필요하다.

자율신경계 활성도와 HRV 지수는 PPG 기반 HRV 분석을 통해 산출된 통합 지표로, 교감·부교감신경의 개별 활성도보다는 자율신경계의 전반적인 조절 능력과 균형 상태를 반영한다(Kim 등, 2005; Kim 과 Min, 2015). 본 연구에서 자율신경계 활성도는 필라테스 호흡군에서 유의하게 증가하였고, HRV 지수 또한 필라테스 호흡군은 상승, 일반 호흡군은 감소 양상을 보였으며 두 집단간 변화량 차이 역시 유의하였다. 만성 통증 환자에서 HRV 감소와 부교감신경계 기능 저하가 흔히 보고된다는 점을 고려하면(Tracy 등, 2016), 필라테스 호흡군에서 관찰된 HRV 지수의 증가는 자율신경계 조절 능력의 일부 개선 가능성을 시사한다. 그러나 HRV 지수와 자율신경계 활성도는 여러 파라미터를 종합한 지표이므로, 값의 증가를 곧바로 ‘부교감신경 활성화’ 또는 ‘교감신경 억제’로 해석하기는 어렵다. 따라서 본 연구 결과는 ‘필라테스 호흡을 동반한 매트 운동이 자율신경계의 조절 기능과 균형에 긍정적인 변화를 유도했을 가능성’ 수준에서 제한적으로 해석해야 하며, 교감·부교감신경의 개별 변화는 추가적인 세부 HRV 분석이나 다른 생리 지표를 통해 보완될 필요가 있다(Curtis와 O’Keefe, 2002; Kim과 Min, 2015).

본 연구에는 몇 가지 제한점이 존재한다. 첫째, 비운동 대조군이 포함되지 않아 운동 자체의 효과와 호흡 방식의 차이에 따른 효과를 명확히 분리하여 해석하는 데 한계가 있다. 둘째, 중재

기간이 4주로 비교적 짧아 HRV나 EEG와 같이 장기 적응 변화를 필요로 하는 지표를 충분히 반영하지 못했을 가능성이 있다. 셋째, 연구 참여자의 대부분이 여성으로 구성되어 성별에 따른 차이를 고려하기 어렵고, 생리주기 및 호르몬 변화와 같은 요인을 완전히 통제하지 못하였다. 넷째, 호흡 교육과 운동 지도는 필라테스 전문 강사가 수행하였으나, 호흡의 패턴을 객관적인 도구로 계량화 하여 검증하지는 못하였다. 다섯째, 폐활량이나 호흡근 기능 등 호흡 기능 자체에 대한 직접적인 평가 변수가 포함되지 않아, 필라테스 호흡이 호흡계 기능에 미치는 영향을 정량적으로 제시하지 못하였다. 따라서 후속 연구에서는 폐활량, 호흡근 기능 검사를 등을 포함하여 보다 포괄적으로 분석할 필요가 있다. 여섯째, 평가자와 중재자가 동일하여 VAS와 K-ODI와 같은 주관적 지표에서 평가자 블라인드가 완전히 확보되지 못하였으며, 이는 결과 해석 시 고려해야 할 제한점이다.

그럼에도 불구하고 본 연구는 필라테스 호흡을 병행한 매트 필라테스 운동이 만성요통 환자의 통증과 기능을 개선하고, BCI와 자율신경계 관련 지표에서 유의한 또는 긍정적인 변화 경향을 보였다는 점에서 의미가 있다. 특히 HRV 지수와 자율신경계 활성도의 변화는 필라테스 호흡 기반 운동이 통증 및 스트레스 조절과 연관된 자율신경계 기능에 영향을 줄 수 있는 잠재적 중재 전략임을 보여준다. 향후 연구에서는 표본 수를 확대하고 중재 기간을 연장하며, 호흡 기능 및 HRV 세부 파라미터를 포함한 다각적 평가를 통해 필라테스 호흡의 신경생리학적 기전을 보다 명확히 규명할 필요가 있다.

V. 결 론

본 연구는 만성요통 환자를 대상으로 필라테스 호흡을 병행한 매트 필라테스 운동의 효과를 검증한 결과, 필라테스 호흡군에서 VAS와 K-ODI가 유의하게 감소하여, 호흡을 동반한 필라테스가 일상 기능 회복과 통증 완화에 기여할 수 있음을 확인하였다. 또한 BCI와 자율신경계 활성도는 필라테스 호흡군에서 유의하게 증가하였으며, HRV 지수 역시 증가하여 자율신경계 조절 능력과 회복탄력성이 향상될 가능성을 시사하였다. EEG는 유의한 변화가 없었으나, 알파파 증가와 하이베타파 감소 경향이 관찰되어 향후 추가 검증이 필요하다.

종합하면, 필라테스 호흡을 병행한 매트 필라테스 운동은 만성요통 환자의 통증과 기능 회복에 효과적인 중재가 될 수 있으며, 자율신경계 균형과 뇌 관련 지표에서도 긍정적 경향을 보였다. 향후 연구에서는 비운동 대조군 포함, 장기간 중재, 호흡 및 HRV 세부 파라미터 측정을 통해 본 중재의 기전을 보다 명확히 규명할 필요가 있다.

참고문헌

- 권요국, 유지영, 박찬호 등. 통증신경과학 교육을 결합한 필라테스 안정화 운동이 만성요통 환자의 통증 정도, 장애지수, 심리적 요인에 미치는 영향. 대한정형도수물리치료학회지. 30(1);75-83, 2024.
- 김경, 박래준, 배성수. 복식호흡 운동이 요통환자의 체간근육 활성화에 미치는 영향. 대한물리치료학회지. 17(3);311-327, 2005.
- 김정아. 지지간호가 군 요통환자의 우울, 기분, 만족에 미치는 영향. 박사학위논문, 연세대학교 대학원, 1989.
- 김찬희, 김원문, 이한웅. 요추 추간판 탈출증 환자의 8 주간 요부 안정화운동이 근 단면적, 통증 및 동적균형능력에 미치는 영향. 한국체육학회지. 51(3);377-387, 2012.
- 김현나. 느림의 운동, 슬로우 엑서사이즈의 정의와 의미: 요가, 태극권, 필라테스, 코어를 중심으로. 한국여가레크리에이션학회지. 29;23-34, 2005.
- 김혜진, 노수연. 필라테스 동작에 따른 코어 부위별 근육의 근활성도 차이 분석. 한국스포츠학회지. 19(3);695-704, 2006.
- 박명숙, 칼렌다정희. 필라테스 운동 참여 효과에 관한 질적 접근. 한국체육학회지. 43(5);791-803, 2004.
- 백승현, 박명규, 강희성. 요가 수행이 심장 자율신경계 활동에 미치는 영향. 운동과학. 19(3);331-338, 2010.
- 이재학. 운동치료학. 서울: 대학서림, 1990.
- 정수영. 큐잉(Cueing)을 접목한 필라테스 프로그램이 성인 여성의 자세 교정에 미치는 영향. 대한운동사협회운동사대회자료집. 174-175, 2022.
- 황슬기. 필라테스 매트 운동이 성인 남성의 신체 자세 및 발 균형에 미치는 영향. 석사학위논문, 명지대학교사회교육대학원, 2012.
- Alsaadi SM, McAuley JH, Hush JM, et al. Prevalence of sleep disturbance in patients with low back pain. Eur Spine J. 20(5);737-743, 2011.
- Bjerkset T, Johnsen LG, Kibsgaard L, et al. Surgical treatment of degenerative lumbar diseases. Tidsskr Nor Laegeforen. 125(13);1817-1819, 2005.
- Cahalin LP, Braga M, Matsuo Y, et al. Efficacy of diaphragmatic breathing in persons with chronic obstructive pulmonary disease. J Cardiopulm Rehabil. 22(1);7-21, 2002.
- Clark AJ, Flowers J, Boots L, et al. Sleep disturbance in mid-life women. J Adv Nurs. 22(3);562-568, 1995.
- Curtis BM, O'Keefe JH. Autonomic tone as a cardiovascular risk factor. Mayo Clin Proc. 77(1);45-54, 2002.
- Davies PM. Right in the middle: Selective trunk activity in the treatment of adult hemiplegia. Springer-Verlag, 1990.
- Fernández-Rodríguez R, Álvarez-Bueno C, Ferri-Morales A, et al. Pilates method improves cardiorespiratory fitness. J Clin Med. 8(11);1761, 2019.
- Friedman A, Juarez C, Walsh JJ, et al. Chronic stress alters striosome-circuit dynamics. Cell. 171(5);1191-1205.e28, 2017.
- Gildenhuis GM, Toriola AL, Fourie M, et al. Evaluation of Pilates training on agility, mobility and CRF. Afr J Phys Health Educ Recreat Dance. 19(2);505-512, 2013.
- He X, He C, Luo X, et al. Breath therapy for chronic nonspecific low back pain. Medicine (Baltimore). 99(31);e21542, 2020.
- Hodges PW, Sapsford R, Pengel LH. Postural and respiratory functions of pelvic floor muscles. NeuroUrol Urodyn. 26(3);362-371, 2007.
- Hong J. Ballet program development and effect verification study for the elderly. Master's Thesis, Hanyang University, 2023.
- Joseph EM, Simona C. Pilates and the powerhouse. J Bodyw Mov Ther. 8(1);15-24, 2004.
- Kim HG, Woo M, Chae JH. HRV short-term analysis 의임상적활용. J Korean Neuropsychiatr Assoc. 44(6);714-720, 2005.
- Kim HG, Min BI. Heart rate variability biofeedback and stress reduction. J Korean Orient Med. 36(3);345-354, 2015.
- Kobasa SC. Stressful life events, personality and health. J Pers Soc Psychol. 37(1);1-11, 1979.
- Latey P. The Pilates method: History and philosophy. J Bodyw Mov Ther. 5(4);275-282, 2001.
- Lee TY, Park MS. Leader's professionalism perceived by members of a Pilates program and its relation to exercise immersion and customer satisfaction. Korean Journal of Sports Science. 25(1);667-678, 2016.
- McGill S. Ultimate back fitness and performance. Backfitpro Inc, 2006.
- Mehling WE, Hamel KA, Acree M, 등. Breath therapy for chronic low back pain. Altern Ther Health Med. 11(4);44-52, 2005.
- Moseley GL, Hodges PW. Are changes in postural control

- associated with low back pain? Clin J Pain. 21(4); 323-329, 2005.
- Mousavi SJ, Parnianpour M, Mehdian H, 등 The Oswestry disability index: Iranian version validation. Spine. 31(14);E454-E459, 2006.
- Rayes ABR, Viana RB, de Lira CAB, et al. Effects of Pilates vs aerobic training. PeerJ. 7;e6022, 2019.
- Roussel N, Nijs J, Truijen S, et al. Altered breathing pattern in chronic low back pain. Eur Spine J. 18(7); 1066-1073, 2009.
- Shen W, Zhang X, Zhao G, et al. NO production during exercise. Med Sci Sports Exerc. 27(8);1125-1134, 1995.
- Silverthorn DU. Human physiology: An integrated approach. Pearson Education, 2007.
- Tracy LM, Ioannou L, Baker KS, et al. Meta-analytic evidence for decreased HRV in chronic pain. Pain. 157(1);7-29, 2016.
- Wagner DR, Tatsugawa K, Parker D, et al. Reliability of VAS in mountain sickness. High Alt Med Biol. 8(1);27-31, 2007.
- Wheeler AH. Diagnosis and management of low back pain. Am Fam Physician. 52(5);1333-1341, 1995.