

# The Effects of Verbal Feedback on Core Muscle Activation During Different Pilates Mat Exercises

Do-Eun Kim, Dong-Cheon Jeon, Ji-Won Park

Department of Physical Therapy, Graduate School, Daegu Catholic University, Gyeongsan, Republic of Korea

**Purpose:** This study sought to identify the effect of verbal feedback on core muscle activation during different Pilates mat exercises.

**Methods:** The exercises were performed by fifteen healthy female adults who met the given health conditions criteria and voluntarily agreed to participate in the study. These participants (average age  $31.2 \pm 6.5$  years old;  $19.6 \pm 1.1$  body mass index) performed four specific Pilates mat exercises with and without verbal feedback from an instructor. The surface electromyography (EMG) activities of the external oblique (EO), internal oblique (IO), and multifidus (MU) muscles were recorded during each condition and then normalized using the maximal voluntary isometric contraction to compare the recorded data. Since the normality was accepted, the paired t-test was used as a method to determine data differences ( $p < 0.05$ ).

**Results:** Significant differences in muscle activation were observed. When the participants were asked to perform the mat exercises with verbal feedback, higher activation was observed in the EO, IO, and MU muscles. This indicates the effectiveness of providing verbal feedback while Pilates mat exercises are being performed.

**Conclusion:** Based on these results, it would be fair to conclude that verbal instructions may be an effective way to enhance the EMG activities of the powerhouse muscles during Pilates mat exercises.

**Keywords:** Electromyography, Pilates-based exercises, External oblique muscle, Internal oblique muscle, Multifidus

## 서론

필라테스는 1920년대 후반 조셉 필라테스(Joseph H. Pilates)가 개발한 운동으로 잘못된 자세를 바로잡고 신체를 균일하게 발달시키는 데 도움을 주어 최근 재활 운동으로 많이 쓰이고 있다.<sup>1,2</sup> 필라테스는 6가지 기본 원칙인 중심화, 집중, 조절, 정확성, 호흡, 흐름을 통해 신체를 조절하고 강화한다.<sup>3</sup> 조셉 필라테스는 자세를 유지하는 신체의 중심(core)의 근육들을 '파워하우스(powerhouse)'라고 불렀다. 파워하우스에는 복부 근육인 배곧은근, 배속빗근, 배바깥빗근, 배가로근, 허리 근육인 척추세움근, 허리네모근, 가로돌기가시근, 엉덩관절 펌근인 뒤넙다리근, 큰볼기근, 큰모음근, 엉덩관절 굽힘근인 엉덩허리근, 넙다리곧은근, 넙다리빗근, 근막긴장근, 넓적다리의 모음근들, 그리고 골반바닥근육군이 포함된다.<sup>4</sup> 또한 척추의 깊은 근육인 못갈래근은 배가로근과 비슷한 기능을 하며 척추를 안정시키는 재활에서 중요한 근육이다.<sup>5</sup>

코어 근육을 강화하면 복부, 척추, 엉덩이 부위의 근육들을 안

정시켜서 운동할 때 신체를 조절하고 균형을 유지하는 데 도움을 준다.<sup>6</sup> 필라테스는 코어 근력과 안정성을 향상시키고 신체 움직임을 조절하는 데 중점을 둔 운동이다.<sup>7</sup> 선행연구에서 허리와 몸통 근육을 강화하고 안정시키는 동작들로 구성된 필라테스 매트 운동 프로그램을 6주간 적용한 연구에서는 몸통 근육, 특히 못갈래근의 두께가 유의하게 증가하였고 균형 능력이 향상되어 자세 조절 능력에도 긍정적인 영향을 미친 것으로 나타났다.<sup>8</sup> 20대 여대생을 대상으로 코어 근육 강화 중심의 필라테스 매트 운동을 8주간 적용한 연구에서 코어 안정화와 허리 통증에 개선 효과가 나타났다고 보고했다.<sup>9</sup> 또한 만성 허리 통증을 가진 여성 환자에게 8주간 필라테스 매트 운동 프로그램을 적용한 연구에서는 못갈래근과 복부 근육, 특히 배속빗근, 배바깥빗근의 두께가 유의하게 증가하였고 지구력이 증가하고 통증은 감소한 것으로 나타났다.<sup>10</sup> 이렇게 필라테스 운동을 통해 강화된 코어근육들은 일상생활 동작을 수행할 때 신체의 균형을 유지하고 자세를 개선시키며 관절에 과도한 스트레스와 부하가 가지 않도록 도와준다.<sup>11</sup>

Received July 19, 2024 Revised August 12, 2024

Accepted August 19, 2024

Corresponding author Ji-Won Park

E-mail [mylovept@hanmail.net](mailto:mylovept@hanmail.net)

Copyright ©2024 The Korean Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distribute under the terms of the Creative Commons Attribution Non-commercial License (<https://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.

필라테스의 6가지 원칙 중 하나인 '정확성'에서 알 수 있듯이, 조셉 필라테스는 파워하우스 근육을 올바르게 사용하기 위해서 정확한 자세를 유지하는 것을 중요하게 생각했다.<sup>4</sup> 최근 연구에서 필라테스 지도자의 지도 기술이 필라테스 회원의 인지된 기능 수행 향상에 가장 큰 영향을 미친다는 설문지를 통한 연구결과가 있었다.<sup>12</sup> 운동을 할 때 치료사 혹은 지도자의 구두 피드백은 효과적인 촉진 전략으로 쓰인다.<sup>13,14</sup> 여러 선행연구에서 운동하는 동안 구두 피드백이 있었을 때 복부 근육들이 더 큰 활성도를 보인다고 하였다.<sup>14-17</sup> 한 연구에서는 실험 참가자들에게 몸통을 들어올리는 운동(trunk curl exercise) 중 근육을 활성화하는 방법에 대한 구두 지시(verbal cues)를 했을 때 배속빗근과 배곧은근에서 더 큰 근육활성이 있었다고 하였다.<sup>15</sup> 또한, 프리 웨이트 스쿼트 운동(free weight squat exercise)을 할 때 불안정한 지면에서 하거나 하중을 증가시키는 것보다 구두 설명(verbal instructions)을 하는 것이 복부 근육의 활성화에 더 효과적이라는 연구결과가 있었다.<sup>14</sup> 구두 및 시각적 피드백이 여성의 골반바닥근(pelvic floor muscles)의 근전도 활동에 영향을 미치는지를 조사한 연구에서도 피드백이 근육에 대한 인식을 높이고 근육 수축을 개선해 근육 활성화에 즉각적인 영향을 미친다고 보고했다.<sup>18</sup> 이처럼 여러 연구에서 운동 시 구두 피드백의 긍정적인 효과에 대해 보고하고 있으나, 필라테스 매트 동작에서 지도자의 구두 피드백이 코어 근육의 근 활성도에 미치는 영향에 관한 연구는 아직 부족한 상태이다.

그러므로 본 연구에서는 다양한 필라테스 매트 동작 중 특히 복부와 척추를 안정시키는 근육을 강화하기 위한 네 가지 동작을 선정하여 동작을 수행하는 동안 코어 근육 활성도를 측정하고, 지도자의 구두 피드백에 따른 근 활성도의 전후 차이를 비교하여 필라테스 매트 동작 시 구두 피드백의 중요성에 대해 알아보려고 한다. 그 방법으로 앉은 자세, 옆드린 자세, 옆으로 굽힌 자세, 네발 기기 자세에서 필라테스 매트 동작을 하는 동안 배바깥빗근, 배속빗근, 뭇갈래근의 세 근육에 표면 근전도를 부착하여 근육의 활성도를 분석하고 비교하여 연구하고자 한다.

## 연구 방법

### 1. 연구대상

본 연구는 필라테스 매트 동작 시 구두 피드백이 근 활성도에 미치는 영향을 측정하기 위해 D광역시에 거주하는 만 20-40세 여성 15명을 대상으로 수행하였다. 모든 대상자에게 본 연구의 목적과 방법 및 절차를 충분히 설명하였으며, 연구 참여에 자발적으로 동의한 사람들을 대상으로 하였다. 실험에서 요구되는 필라테스 동작을 충분히 수행할 만한 근력과 관절 가동범위를 가진 건강한 성인 여성을 대상으로 실시하였다. 본 연구 대상자 중 최근 6개월 이내에 요통을 경험한

자, 팔과 다리에 선천적인 기형이 있는 자, 심각한 외과적 혹은 신경학적 질환이 있는 자, 신체 불편감이 있거나 통증을 호소하는 자, 신체 질량 지수(body mass index, BMI)가 25 이상인 자는 제외하였다.

대상자의 일반적인 특성은 정상 성인 여자 15명으로 평균 나이는 31.2세, 평균 신장은 162.6cm, 평균 몸무게는 51.7kg이고, 평균 BMI 지수는 19.6kg/m<sup>2</sup>이었다.

## 2. 실험방법

### 1) 측정기구

(1) 표면 근전도(surface electromyogram, sEMG) 장비

필라테스 지도자의 피드백에 따른 필라테스 매트 동작 시 코어 근육의 활성도를 알아보기 위해 8채널 무선 표면 근전도 WEMG-8 (LXM 5308, LAXTHA, Daejeon, Korea)을 사용하였다. 8채널 중 3채널을 사용하여 우세 측 배바깥빗근, 배속빗근, 뭇갈래근에 표면 전극(Ag/AgCl 2223, 3M, Korea)을 부착하였다. 전극을 부착하기 전에 피부 저항을 줄이기 위해 전극 부착 부위를 면도한 후 알코올로 닦아주었다.

(2) 근전도 전극패드 부착 부위

전극 부착 부위는 피부 저항으로 인한 측정 오차를 줄이기 위해 체모를 제거하고 의료용 알코올로 2-3회 닦아준 후 전극을 부착하였다. 표면 근전도 전극은 우세 측 배속빗근, 배바깥빗근, 뭇갈래근에 부착하였고 전극 간 거리는 2cm로 하였다(Table 1).<sup>19</sup> 접지전극(ground electrode)은 앞위엉덩뼈가시(anterior superior iliac spine) 위에 부착하였다.

(3) 최대 수의적 등척성 수축력(MVIC) 측정

배바깥빗근, 배속빗근, 뭇갈래근의 활동전위를 표준화하기 위해 최대 수의적 등척성 수축력(maximum voluntary isometric contraction, MVIC)을 도수 근력 검사(manual muscle testing) 자세에서 총 3회 측정하였다.<sup>11</sup> 5초간의 측정값을 수집한 후 처음과 마지막 1초를 제외한 3초 동안의 평균 근전도 신호량을 %MVIC로 사용하였다.

(4) 근전도 신호의 기록 및 처리

배바깥빗근, 배속빗근, 뭇갈래근에서 수집된 표면 근전도 아날로그 신호는 디지털 신호로 전환하여 개인용 컴퓨터에서 분석용 소프트웨어(Telescan, LAXTHA, Daejeon, Korea)를 이용하여 자료 처리되었

Table 1. Placement of electrodes

Muscles	Attachment position
External oblique	15cm lateral to the umbilicus
Internal oblique	Caudal to the anterior superior iliac spine and medial to the inguinal ligament
Multifidus	2cm lateral to L5, angled slightly with superior electrode more medial

다. 근전도 신호의 표본 추출률(sampling rate)은 1,024Hz로 설정하였으며 대역통과필터는 10-500Hz, 노치 필터(notch filter)는 60Hz를 사용하였다. 매트 동작 시 수집된 각 근육의 근전도 신호는 실효 평균값(root mean square, RMS)으로 처리하였다. 10초 동안 3회 반복하여 동작을 시행하였고, 처음과 마지막 2초 값을 제외한 6초 동안 측정된 근전도 값을 이용하였다. 이 값의 평균값을 최대 수의적 등척성 수축력을 이용하여 정규화(normalization)하였다.

## 2) 실험절차

실험 전 모든 대상자는 실험의 목적과 절차에 대한 설명을 듣고 실험 참가 동의서를 작성하였다. 그리고 대상자의 이름, 나이, 신장, 몸무게와 같은 신체적 특성 정보를 수집하였다. 근전도 측정 부위는 코어 안정화 운동인 필라테스의 목적에 맞게 코어근육인 배바깥빗근, 배속빗근, 뭇갈래근으로 설정하였고, 피험자 모두 오른손잡이로 오른쪽 몸통 근육을 측정하였다. 피험자들은 총 15명의 건강한 여성으로 네 가지 매트 동작에 대한 시연 및 교육 후 피험자가 인지하였다고 하였을 때 매트 동작을 시행하였다. 피험자가 동작을 하는 동안 구두 피드백은 주지 않았고 각 동작마다 10초간, 총 3회 실시하였다. 연속적인 측정으로 인한 피로를 최소화하기 위해서 회당 1분간 휴식을 취하도록 하였고, 3회 반복 후 다음 동작으로 넘어가기 전에 5분간의 휴식 시간을 주었다. 네 가지 매트 동작이 끝난 뒤 30분간의 충분한 휴식 시간을 준 뒤, 지도자의 피드백에 따른 매트 동작을 시행하였다. 지도자는 피험자가 매트 운동을 시행하는 동안 운동의 호흡법과 주의사항에 대해 구두적으로 피드백을 해주었다. 매트 동작은 모두 10초간

실시하였고, 처음과 마지막 2초 값을 제외한 6초 동안 측정된 근전도 값을 자료 분석에 사용하였다.

### (1) 필라테스 매트 동작

실험에서 네 가지 필라테스 매트 동작은 구두 피드백에 따른 다양한 자세에서의 코어근육 활성도를 알아보기 위하여 앉은 자세의 half roll back, 옆드린 자세의 leg pull front, 옆으로 굽힘 자세의 side bend, 네 발 기기 자세의 alternate arm and leg lift를 실시하였다. 동작은 3회 1세트 로 실시하며 세트당 1분간의 휴식 시간을 보냈다. 한 동작이 끝난 후 5분 동안 휴식을 취하여 근 피로도를 최소화하였다. 각각의 자세를 10초간 실시하였고, 처음과 마지막 2초를 제외한 6초 동안 측정된 근육의 신호량을 자료 분석에 사용하였다. 운동 시행 전 운동방법에 대한 사전교육을 하였으며, 지도자의 구두 피드백 없이 네 가지 매트 동작을 시행하였고, 30분간 충분히 쉬고 나서 피드백에 따른 매트 동작을 시행하였다. 대상자가 동작을 수행하는 동안 정확한 자세가 될 수 있도록 구두 피드백을 제공하였다(Figure 1).<sup>20</sup>

#### ① Half roll back

바닥에 붙여 똑바로 앉은 자세에서 시작한다. 내쉬는 호흡에 배꼽을 척추 쪽으로 당기듯 복부에 힘을 주고 엉치뼈가 매트에 닿을 때까지 척추를 둥글게 만들며 상체가 뒤로 가게 한다. 숨을 들이마시면서 자세를 유지하고 내쉬는 숨에 시작 자세로 돌아온다. 주의사항은 목과 어깨의 긴장을 피하고 동작을 일정한 속도로 진행하도록 한다.

대상자에게 “내쉬면서 배꼽을 척추 쪽으로 당깁니다. 복부에 힘주

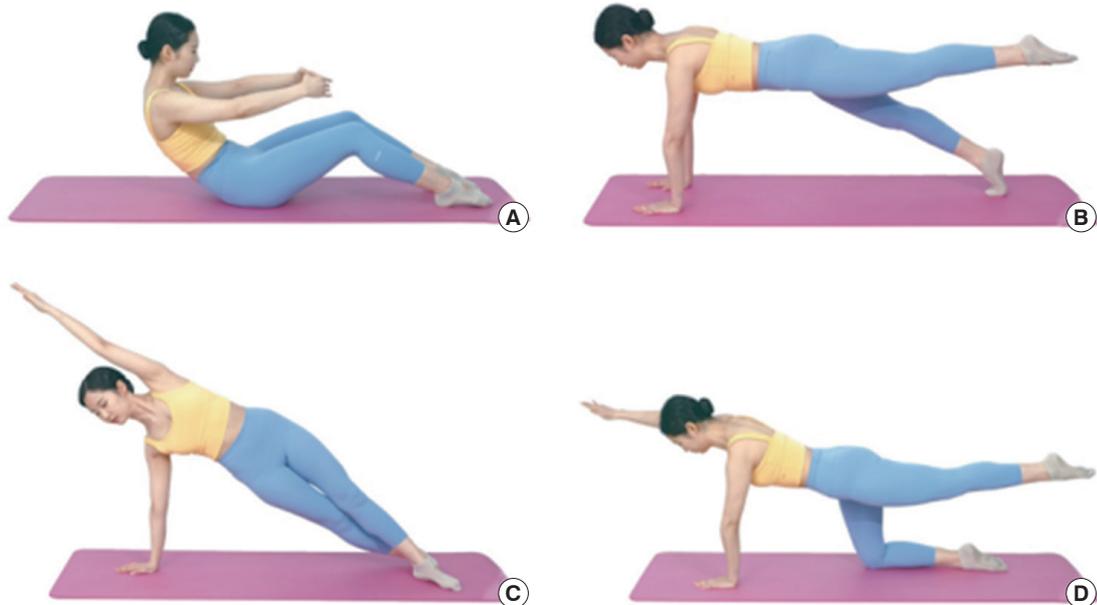


Figure 1. The picture of Pilates mat exercises. (A) Half roll back, (B) Leg pull front, (C) Side bend, (D) Alternate arm and leg lift.

고 척추는 계속 등글게 유지합니다. 목과 어깨는 긴장하지 않습니다.”라고 정확한 자세에 대한 구두 피드백을 동작하는 내내 제공하였다.

② Leg pull front

시작 자세는 엎드린 자세에서 양손으로 바닥을 짚고 팔꿈치를 편다. 손은 어깨에서 수직선으로 내려가게 하고 머리는 전방을 향하며 몸통과 다리는 일직선이 되도록 유지한다.<sup>21</sup> 내쉬는 호흡에 배꼽을 척추 쪽으로 당기듯 복부에 힘을 주고 우세 측 다리를 들어 올리고 숨을 들이마시며 자세를 유지하고 다시 내쉬는 숨에 시작 자세로 돌아온다.

대상자에게 “내쉬면서 배꼽을 척추 쪽으로 당깁니다. 복부에 힘주고 오른쪽 다리 들고 골반 돌아가지 않게 자세 일직선으로 유지합니다.”라고 정확한 자세에 대한 구두 피드백을 동작하는 내내 제공하였다.

③ Side bend

무릎을 구부리고 앉아서 몸을 측면으로 돌리고 우세 측 손바닥을 매트에 놓는다. 내쉬는 호흡에 배꼽을 척추 쪽으로 당기듯 복부에 힘을 주고 무릎과 우세 측 팔을 펴서 몸통을 들어 올린다. 비우세 측 팔은 머리 위로 올리고 머리는 정면을 향하게 한다. 숨을 들이마시며 자세를 유지하고 다시 내쉬는 숨에 시작 자세로 돌아온다.

대상자에게 “내쉬면서 배꼽을 척추 쪽으로 당기면서 몸통 들어 올립니다. 왼쪽 팔은 머리 위로 올리고 복부에 힘주면서 자세 유지합니다.”라고 정확한 자세에 대한 구두 피드백을 동작하는 내내 제공하였다.

④ Alternate arm and leg lift

네발 기기 자세에서 손은 어깨 아래에, 무릎은 엉덩이 아래에 놓이게

한다. 내쉬는 호흡에 배꼽을 척추 쪽으로 당기듯 복부에 힘을 주고 비우세 측 팔을 어깨높이까지, 우세 측 다리를 엉덩관절 높이까지 동시에 들어 올린다. 숨을 들이마시며 자세를 유지하고 내쉬는 숨에 시작 자세로 돌아온다.

대상자에게 “내쉬면서 배꼽을 척추 쪽으로 당기면서 왼쪽 팔, 오른쪽 다리 들어 올립니다. 배에 힘주면서 골반 돌아가지 않고 허리 내려가지 않게 자세 유지합니다.”라고 정확한 자세에 대한 구두 피드백을 동작하는 내내 제공하였다.

4. 통계 분석

본 연구에서 측정된 자료는 SPSS 25.0 for Windows (IBM Inc., Chicago, IL, USA) 통계프로그램을 이용하여 분석하였다. 연구 대상자의 일반적인 특성은 기술통계를 이용하여 분석하였으며, 기술통계 자료는 평균과 표준편차로 제시하였다. 콜모고로프-스미르노프(Kolmogorov-Smirnov) 검정을 통해 측정 변수의 정규분포를 확인하였다. 필라테스 매트 동작 시 지도자의 구두 피드백에 따른 근 활성도 변화를 비교하기 위해 대응표본 t-검정(paired t-test)을 하였다. 통계학적 유의 수준( $\alpha$ )은 0.05로 설정하였다.

결 과

1. 필라테스 매트 동작 시 피드백에 따른 전·후 근 활성도 변화

필라테스 지도자의 피드백에 따른 필라테스 매트 동작 시 세 코어근육의 활성도 변화는 다음과 같다(Table 2). 대상자가 half roll back, leg pull front, side bend, alternate arm and leg lift 동작을 하는 동안 구두 피드백이 적용되었을 때 배바깥빗근, 배속빗근, 못갈래근 모두에서 근 활성도의 유의한 차이가 관찰되었다( $p < 0.05$ ).

**Table 2.** The comparison of each muscle EMG according to %maximum voluntary isometric contraction during Pilates mat exercises with and without feedback (n = 15)

Exercises	Muscles	Control	Feedback	t	p
Half roll back	EO	30.88±10.54	51.21±19.90	-6.71	0.001*
	IO	35.69±16.31	50.25±15.67	-13.17	0.001*
	MU	14.59±4.83	15.34±4.83	-9.40	0.001*
Leg pull front	EO	23.09±6.41	41.14±14.37	-5.40	0.001*
	IO	30.74±13.56	58.09±19.73	-9.81	0.001*
	MU	14.34±3.59	16.55±4.04	-6.98	0.001*
Side bend	EO	45.64±15.81	65.38±17.86	-7.43	0.001*
	IO	30.18±12.45	63.51±19.57	-7.51	0.001*
	MU	35.33±10.58	44.59±12.25	-7.01	0.001*
Alternate arm and leg lift	EO	18.96±8.36	35.77±14.17	-8.33	0.001*
	IO	17.76±6.99	22.94±8.93	-6.07	0.001*
	MU	23.52±9.17	27.23±9.40	-4.10	0.001*

Values are mean±SD. EO: External oblique, IO: Internal oblique, MU: Multifidus. \* $p < 0.05$ .

## 고찰

필라테스는 ‘파워하우스라 불리는 코어 근육을 강화하는 운동으로 코어 근육을 활성화하기 위해 정확한 동작을 사용하는 것이 강조된다.’<sup>4</sup> 본 연구는 필라테스 매트 동작 시 구두 피드백이 코어 근육의 활성화도에 미치는 영향을 고찰해 보고자 하였다. 그 결과 필라테스 지도자가 정확한 동작과 코어 근육의 사용에 대한 구두 피드백을 제공하였을 때, 다양한 자세에서 수행된 네 가지 필라테스 매트 동작 모두에서 코어 근육인 배바깥빗근과 배속빗근, 못갈래근의 근 활성화도가 유의하게 증가한다는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구결과는 코어 근육을 활성화하는 전략 중 하나로 구두 피드백을 제공했을 때 배속빗근, 배바깥빗근, 배곧은근, 배가로근 등에서 유의한 근 활성화 차이가 있었다고 밝힌 선행연구의 결과와 일치한다.<sup>14,15</sup> 또한 파워하우스에 대한 필라테스 피드백에 따라 리포머에서 long stretch 동작을 수행할 때 못갈래근에서 유의한 차이가 있다는 연구결과도 있었다.<sup>22</sup> 학습자가 잘못된 동작을 수행할 때 즉각적인 구두 피드백을 제공하여 오류를 수정하면 올바른 움직임을 기억 체계에 저장하여 효율적인 움직임을 만들어 낸다. 반대로, 잘못된 동작이 반복되면 잘못된 운동 습관이 형성되어 교정이 어려워질 수 있다.<sup>23</sup> 본 연구는 필라테스 동작을 수행하는 동안 구두 피드백을 제공함으로써 학습자가 정확한 움직임을 수행할 수 있게 도와 효과적으로 복부와 척추를 안정시키는 코어 근육을 활성화할 수 있음을 보여주고 있다. 그리고 정확한 동작에 대한 인식과 근육의 움직임이 기억 체계에 저장되어 장기적으로도 학습자의 기능 향상에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 예상된다.

본 연구에서는 다음과 같은 제한점이 있었다. 첫째, 본 연구에서는 표면 근전도를 이용하여 근 활성도를 측정하였는데, 깊은 근육인 못갈래근의 근 활성도를 측정하기 위해 표면 근전도를 사용하는 것에 대해 논란이 제기된 바 있다. 이전 연구에 따르면, 전극의 위치에 따라 표면 근전도와 근내 근전도 간의 상관성에 영향을 미칠 수 있다.<sup>24</sup> 특히, 5번 허리뼈에 전극을 배치했을 때 못갈래근의 표면 근전도와 근내 근전도의 상관관계가 높게 나타났다.<sup>25</sup> 선행연구에서는 허리뼈 2번과 5번에서 못갈래근의 근 활성화도에 대해 표면 근전도와 근내 근전도의 상관성을 연구하였고, 그 결과 허리뼈 2번과 허리뼈 5번의 %MVIC의 상관계수가 각각  $r=0.928, 0.950$ 으로 높은 상관성을 보였다.<sup>26</sup> 따라서 본 연구에서는 허리뼈 5번의 가 쪽에 위치한 못갈래근에 표면 전극을 부착하여 근전도 자료를 수집하였다. 둘째, 연구 대상자의 수가 적고 20-40대 여성만 대상으로 하여 나이와 성별이 제한적이어서 일반화하기 어려운 면이 있었다. 셋째, 본 연구에서는 네 가지 매트 동작에서의 근 활성화도만 분석하였으나 향후 연구에서는 다양한 필라테스 동작에 대한 분석과 근 두께나 근력에 대한 분석도 이루어

져야 할 것이다. 이와 더불어 필라테스 운동이 재활 운동으로 널리 쓰이고 있으므로 질환이 있는 환자를 대상으로 한 필라테스 운동의 심층적인 연구도 이루어져야 할 것이다.

결론적으로 필라테스 운동을 지도할 때 올바른 동작 수행에 대한 적절한 구두 피드백을 제공하는 것이 중요하다. 이는 학습자의 코어 근육을 효과적으로 강화하며 장기적으로 기능 향상에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다. 또한, 필라테스 지도자의 다양한 피드백 방법에 대한 더욱 구체적인 연구가 계속되어야 할 것이다.

## REFERENCES

- Critchley DJ, Pierson Z, Battersby G. Effect of pilates mat exercises and conventional exercise programmes on transversus abdominis and obliquus internus abdominis activity: pilot randomised trial. *Man Ther*. 2011;16(2):183-9.
- Latey P. The pilates method: history and philosophy. *J Bodyw Mov Ther*. 2001;5(4):275-82.
- Muscolino JE, Cipriani S. Pilates and the “powerhouse”—I. *J Bodyw Mov Ther*. 2004a;8(1):15-24.
- Muscolino JE, Cipriani S. Pilates and the “powerhouse”—II. *J Bodyw Mov Ther*. 2004b;8(2):122-30.
- Isacowitz R, Clippinger KS. Pilates anatomy. Champaign, Human Kinetics, 2011:52-194.
- Nadler SF, Malanga GA, Bartoli LA et al. Hip muscle imbalance and low back pain in athletes: influence of core strengthening. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34(1):9-16.
- Wells C, Kolt GS, Bialocerowski A. Defining pilates exercise: a systematic review. *Complement Ther Med*. 2012;20(4):253-62.
- Han JS, Cho WS, Lim JH. The effects of pilates mat exercise on trunk muscle thickness and balance. *J Kor Phys Ther*. 2017;29(4):201-6.
- Kim HJ, Kim CS. Continued mat pilates exercise improve basal physical fitness, core stability and back pain in healthy college female. *Exerc Sci*. 2022;31(3):345-56.
- Batbay S, Külçü DG, Kaleoğlu Ö et al. Effect of pilates mat exercise and home exercise programs on pain, functional level, and core muscle thickness in women with chronic low back pain. *J Orthop Sci*. 2021;26(6):979-85.
- Kendall FP, McCreary EK, Provance PG. *Muscles: testing and function with posture and pain*. 5th ed. Baltimore, Lippincott Williams & Wilkins, 2005:49-117.
- Choi HN. The effect of pilates instructor’s expertise on teaching efficiency and re-enrollment intention. Kyunghee University. Dissertation of Master’s Degree. 2019.
- Meier C, Frank C, Gröben B et al. Verbal instructions and motor learning: how analogy and explicit instructions influence the development of mental representations and tennis serve performance. *Front Psychol*. 2020;11:2.
- Bressel E, Willardson JM, Thompson B et al. Effect of instruction, surface stability, and load intensity on trunk muscle activity. *J Electromyogr Kinesiol*. 2009;19(6):e500-4.

15. Karst GM, Willett GM. Effects of specific exercise instructions on abdominal muscle activity during trunk curl exercises. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2004;34(1):4-12.
16. Vera-Garcia FJ, Brown SH, Gray JR et al. Effects of different levels of torso coactivation on trunk muscular and kinematic responses to posteriorly applied sudden loads. *Clin Biomech.* 2006;21(5):443-55.
17. Vera-Garcia FJ, Elvira JL, Brown SH et al. Effects of abdominal stabilization maneuvers on the control of spine motion and stability against sudden trunk perturbations. *J Electromyogr Kinesiol.* 2007;17(5):556-67.
18. Silva JB, Szkudlarek AC, Gallo RB et al. Verbal and visual feedback immediately affect the electromyographic activity of female pelvic floor muscles. *J Manip Physiol Ther.* 2021;44(9):743-50.
19. Grenier SG, McGill SM. Quantification of lumbar stability by using 2 different abdominal activation strategies. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007;88(1):54-62.
20. Kim CM, Kim DE. *Mat pilates.* Seoul, Hakjisa Medical, 2021:253-408.
21. Bae WS, Kim CH. The effect of closed kinetic and open kinetic exercise on thickness of low back stabilization exercise using an ultrasonography imaging. *J Korean Soc Integr Med.* 2013;1(2):67-80.
22. Fayh A, Brodt GA, Souza C et al. Pilates instruction affects stability and muscle recruitment during the long stretch exercise. *J Bodyw Mov Ther.* 2018;22(2):471-5.
23. Zaton K, Szczepan S. The effect of immediate verbal feedback on the efficiency and the effectiveness of swimming. *Balt J Health Phys Act.* 2012;4(2):91-103.
24. Hofste A, Soer R, Salomons E et al. Intramuscular EMG versus surface emg of lumbar multifidus and erector spinae in healthy participants. *Spine.* 2020;45(20):E1319-25.
25. Okubo YU, Kaneoka K, Imai A et al. Comparison of the activities of the deep trunk muscles measured using intramuscular and surface electromyography. *J Mech Med Biol.* 2010;10(4):611-20.
26. Arokoski J, Kankaanpaa M, Valta T et al. Back and hip extensor muscle function during the therapeutic exercises. *Arch Phys Med Rehabil.* 1999;80(7):842-50.