

Research Article

Open Access

필라테스 호흡 운동이 성인 여성의 다리의 근활성도 및 균형 능력에 미치는 영향

이수경[†]

동의대학교 물리치료학과

Effects of Pilates Breathing Exercise on Leg Muscle Activation and Balance Ability in Adult Women

Su-Kyoung Lee, PT, PhD[†]

Department of Physical Therapy, Dong-Eui University

Received: January 18 2025 / Revised: January 18 2025 / Accepted: January 31 2025

© 2025 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: This study examined the effects of breathing techniques during Pilates reformer footwork exercise leg muscle activity and the balance ability within and between the groups before and after the exercise.

METHODS: This study recruited 31 adult women aged 20 and older, assigned randomly to a Pilates breathing group (n=15) or a general breathing group (n=16) following a randomized controlled study design. Surface electromyography was used to assess leg muscle activity within and between groups before and after performing the reformer footwork exercise. The dynamic balance ability was evaluated using dynamic balance equipment.

RESULTS: The study results showed a significant increase in the vastus medialis oblique and vastus lateralis oblique muscle activity within the Pilates breathing group after exercise ($p < .05$). In the intergroup comparison, the Pilates breathing group also showed a significantly larger increase in muscle activity for vastus medialis oblique and vastus lateralis oblique muscles ($p < .05$). The Pilates breathing group exhibited significant improvement in the dynamic balance scores after exercise ($p < .05$). This group also showed a significantly larger increase in dynamic balance scores compared to the general breathing group ($p < .05$).

CONCLUSION: This study showed that incorporating Pilates breathing into reformer footwork exercises enhances leg muscle activation and dynamic balance in adult women. Thus, reformer footwork exercises with Pilates breathing may effectively improve leg strength and balance by promoting simultaneous engagement of the leg muscles.

Key Words: Balance ability, Dynamic balance, Leg muscle activity, Pilates breathing, Reformer footwork exercise

[†]Corresponding Author : Su-Kyoung Lee
ptlsk@deu.ac.kr, <http://orcid.org/0000-0002-4916-2188>

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서론

필라테스는 몸통의 중심을 강화하고 호흡을 동반하여 균형과 유연성을 증진시키며, 근육 협응력을 향상시키는 효과적인 운동이다[1]. 또한, 척추의 중립 상태를 유지하고 신체의 안정성을 향상시켜 어린이부터 노인까지 다양한 연령층에서 적용 가능한 운동으로 인정받고 있다[2]. 필라테스는 집중, 정확성, 유동적 움직임, 중심화, 조절, 호흡의 6가지 원리를 토대로 이루어져 있으며[3], 그 중 호흡은 운동 동작의 효율성을 극대화하는데 핵심적인 역할을 한다[4]. 또한, 필라테스 호흡은 가로막, 배가로근, 골반바닥근을 동시에 활성화시켜, 몸통의 안정성이 증가하여 자세 조절과 낙상 예방에도 중요한 기여를 한다[5]. 이러한 호흡 방식은 몸속의 압력을 조절하여 신체 정렬 개선과 자세 인지능력을 활성화시키기 때문에 신체 균형능력에도 긍정적인 영향을 미친다[6-8].

일반적으로 균형능력은 정적균형과 동적균형으로 나눌 수 있다[9]. 특히 동적 균형이 빠르게 변화하는 복잡한 외부 환경에 적응하기 위해 신체의 모든 근육과 관절이 협응하여 움직이는 능력으로, 일상생활과 스포츠 활동에서 균형 유지와 기능적 움직임 향상에 핵심적인 역할을 한다[10]. 최근 균형능력의 중요성이 강조됨에 따라, 이를 효과적으로 향상시키기 위한 다양한 접근 방법이 제시되고 있으며[11], 특히 다리 근육을 강화하고 활용하는 방법의 중요성이 주목받고 있다. 다리 관절의 안정성은 동적균형을 개선하는데 중요한 요소로, 균형능력을 강화하기 위한 필수적인 접근 방법으로 여겨진다[12].

필라테스 기구를 이용하는 운동은 다리 근력과 균형능력을 동시에 향상시키는 효과적인 방법이며, 다양한 필라테스 기구 중 리포머(reformer)가 다리근력의 강화와 신체의 균형능력 향상에 효과적이라고 평가받는다[8,13]. 리포머를 활용한 풋워크(foot work) 운동은 닫힌 사슬 운동으로, 다리근력과 고유수용 감각을 향상시키고 자세 안정성과 균형능력 개선에 효과적이며[2], 스프링을 통해 운동 강도를 조절할 수 있어 개개인의 신체 조건에 적합한 훈련을 제공한다[1]. 또한, 관절의 동적 안정성과 자세 유지에 효과적이며, 발목, 무릎 관절에

이어 호흡을 통해 엉덩관절 근육까지 연결시킬 수 있기 때문에 다리 전체의 안정성과 균형능력까지 모두 발달시킬 수 있는 운동이다[14]. 이처럼 다리 근육의 활성화와 균형 능력 향상에 효과적인 리포머 운동은 필라테스 호흡과 밀접한 관련이 있다[15]. 따라서 호흡 방법에 따른 필라테스 운동의 효과를 체계적으로 검토할 필요가 있으며, 본 연구에서는 리포머 풋워크 운동 시 필라테스 호흡이 다리 근육의 활성화 및 균형 능력에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 부산 시에 소재한 M 필라테스 센터에서 진행하였으며, 자발적으로 연구 참여에 동의한 31명의 성인여성을 대상으로 실시하였다. 본 연구시작에 앞서 연구대상자들에게 연구의 목적, 방법 및 절차에 대해 충분히 설명한 후, 동의서를 작성한 참가자들에 한해 진행되었다. 또한, 연구 대상자의 권리와 안전을 보호하고 생명윤리 및 안전에 관한 법률을 준수하기 위해, 본 연구는 D대학교 생명윤리위원회의 승인을 받았다(DIRB-201908-HR-E-22). 연구 대상자의 선정기준은 만 20세 이상의 성인 여성, 최근 3개월 이내에 발과 발목의 근골격계 질환, 정형외과적 구축 또는 통증이 없는 자로 선정하였다.

2. 측정도구

1) 운동 방법

(1) 필라테스 호흡

본 연구에서는 대상자를 필라테스 호흡 집단과 일반적인 호흡 집단으로 구분하였으며, 필라테스 호흡 집단은 숙련된 강사로부터 필라테스 호흡 방법에 대한 충분한 설명을 들은 후, 10분간 5회 연습을 진행한 뒤 리포머 풋워크 운동을 수행하였다. 필라테스 호흡법은 코로 들이마실 때 가로막이 아래로 내려가면서 복부 내 장기를 밀어내고, 가슴이 확장되며 골반바닥까지 공기가

전달되는 느낌으로 최대 들숨을 유도한다. 반대로, 입을 살짝 벌려 날숨을 내쉴 때는 턱과 목의 긴장을 완화하고, 가슴이 내려오면서 수축하는 과정을 거친다. 이 과정에서 배바깥빗근, 배속빗근, 배가로근은 날숨 시 동심성 수축을 하며, 배곧은근은 들숨 시 편심성 수축을 유도하여 복강 내 압력이 증가하도록 한다. 또한, 가로막이 상승할 때 골반바닥근의 동시 수축이 이루어지도록 한다[16].

운동 수행 시에는 최대한의 들숨과 날숨을 활용하여 연속적인 호흡이 이루어지도록 하며, 모든 동작이 호흡과 자연스럽게 연결되도록 한다[17]. 필라테스 운동은 정확한 호흡과 함께 수행될 때 그 효과가 극대화되므로, 충분한 숙지가 이루어지지 않은 상태에서 동작에만 집중할 경우 기대하는 효과를 얻기 어려우며, 호흡을 멈춘 채 운동을 수행하면 신체에 산소 공급이 원활하지 않을 수 있다. 따라서 운동 수행 중에는 올바른 호흡법을 유지하는 것이 중요하다[18]. 한편, 일반적인 호흡 집단은 별도의 호흡 교육이나 중재 없이 개인이 평소 유지하던 자연스러운 호흡을 하면서 리포머 풋워크 운동을 진행하였다.

(2) 리포머 풋 워크운동

본 연구에서는 케어필라테스의 클래식 우드 리포머

(Reformer, Carepilates, Gangnam-gu, Seoul, Republic of Korea)를 사용하였다. 리포머는 나무 프레임, 움직이는 캐리지, 스프링, 풋 바, 스트랩으로 구성된 기구로 스프링 저항을 활용하여 필라테스 동작을 수행한다. 리포머에 사용되는 스프링은 색상에 따라 서로 다른 저항력을 가지며, 노란색 1개, 파란색 1개, 빨간색 3개로 구성된다. 노란색 스프링은 1inch 당 2.25lb, 파란색 스프링은 1inch 당 3lb, 빨간색 스프링은 1inch 당 5lb의 저항을 제공한다. 리포머 풋워크 운동 프로그램은 호주 APMA(australian pilates method association)의 모던 필라테스 리포머 운동을 기반으로 일부 수정하여 적용하였다. 대상자들은 양발과 한발을 이용한 운동을 수행하였으며, 양발 운동은 빨간색 1개, 파란색 1개, 노란색 1개의 스프링을 사용하여 10회씩 1세트로 총 4세트를 진행하였고 한발 운동은 빨간색 1개 스프링을 사용하여 10회씩 1세트로 총 2세트를 동일하게 적용하였다(Table 1). 운동 수행 시, 발의 위치는 엉덩관절과 무릎관절을 90°로 굽혀지는 지점에 두었으며, 양발의 간격은 대상자의 골반 너비에 맞추었다. 또한, 발가락부터 발뒤꿈치까지 점핑보드에서 떨어지지 않고 유지하도록 하였으며, 운동은 30분간 진행하였고 운동 후 30분동안 휴식을 취하였다(Fig. 1).

Table 1. Reformer footwork exercise

Contents	Exercise	Resistance	Time/Set
Foot work	Two foot on board	Red 1, Blue 1, Yellow 1	10/4
	One foot on board (L)	Red 1	10/2
	One foot on board (R)	Red 1	10/2

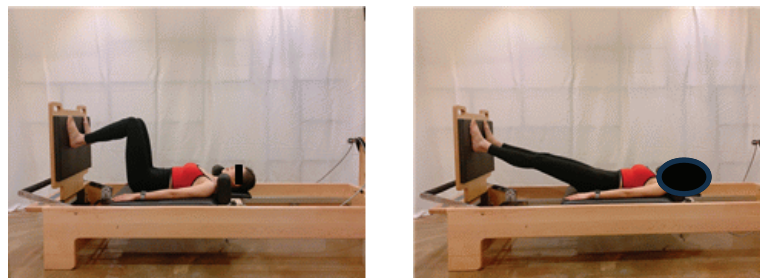


Fig. 1. Reformer footwork exercise.

2) 근활성도 검사

본 연구에서는 리포머 풋워크 운동 시 다리 근육의 활성도를 측정하기 위해 Noraxon telemyo 2400 system (Myosystem TM DTS, Noraxon Inc., USA)을 활용하였다 (Fig. 2). 근전도 전극은 안쪽넓은근(Vastus medialis), 가쪽넓은근(Vastus lateralis)에 부착하였으며, 부착 위치는 Table 2에 제시된 기준을 따랐다[19]. 전극 부착 전, 피부 저항을 줄이고 근전도 신호의 정확성을 높이기 위해 전극 부착 부위를 알코올 솜으로 깨끗이 닦아 각질을 제거하였다. 양극 전극은 근육의 힘살 부위에 부착하였으며, 음극 전극은 2cm 간격을 두고 근육 방향과 평행하게 부착하였다. 근전도 신호의 표본 추출률 (sampling rate)은 3,000Hz로 설정하였으며, 측정된 신호는 20-450Hz 주파수 대역을 활용해 잡음을 제거한 후 평균제곱근(Root mean square, RMS) 값을 산출하였다. 근활성도는 호흡 방법에 따른 리포머 풋워크 운동 시 점핑보드를 밀어내는 동작과 원래 위치로 돌아오는 과정을 측정하였으며, 각 동작을 3회 반복 측정 후 평균값을 사용하였다. 데이터 정량화를 위해 해부학적 자세를 5초간 유지한 값을 기준 수축 값으로 설정하였으며, 근전도 신호는 %RVC(Reference Voluntary Contraction)

값으로 표준화하여 분석하였다.

3) 동적균형검사

호흡방법에 따른 동적균형점수의 변화를 알아보기 위하여 다이나믹 발란스(Dynamic balance, O2 Lab, Busan jin gu, Busan, Republic of Korea)를 사용하였다. 다이나믹 발란스는 와이발란스(Y-balance)와 똑같은 플랫폼의 형태로 구성되어 측정방법과 평가기준이 동일하며, 디지털센서 시스템 측정 기술을 탑재하고 있다. 데이터 기록과 저장에 자동화 되어있어 대상자 한 명이 균형능력 측정이 가능하도록 만들어졌다. 앞쪽 (Anterior), 뒤편쪽(Posterior medial), 뒤편쪽(Posterior lateral) 방향으로 박스형태의 판을 발끝으로 밀어내면 자동으로 판이 돌아오면서 측정거리가 동시에 측정이 되며, 데이터의 기록은 소수점 2자리까지 자동으로 저장되어 정확도가 높다(Fig. 3)[20]. 측정 시 발이 지면에서 떨어지거나, 발을 뺀 후 다시 시작자세로 돌아오지 못할 경우, 균형을 잡기 위해 뺀 발로 바닥을 지지한 경우 실패로 간주하고 재측정하였다[21]. 학습 효과를 최소화하기 위하여 6회의 연습 후 본 실험을 진행하였고[22], 총 3회 측정 후 평균값을 사용하였다.



Fig. 2. Noraxon Telemyo 2400 system.

Table 2. Placement of surface EMG electrodes

Muscle	Placement
Vastus medialis	4cm superior to and 3cm medial to the superomedial border of the patella and orientated 55° to the vertical
Vastus lateralis	10cm superior to and 6 to 8cm lateral to the base of the patella and orientated 15° to the vertical

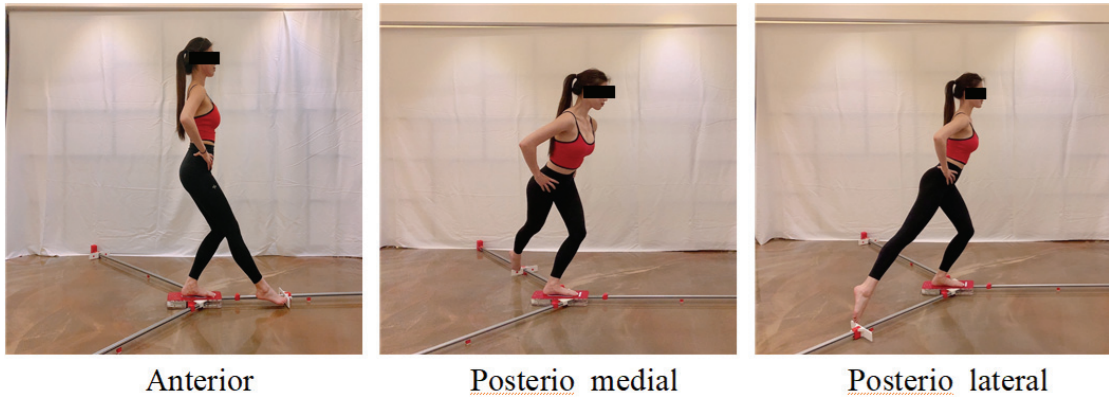


Fig. 3. Measurement of the dynamic balance.

Table 3. Formula for standardization of the dynamic balance score

$\frac{AT + PL + PM}{LL \times 3} \times 100$	
---	--

AT: anterior, PM: posterior medial, PL: posterior lateral, LL: leg length

또한, 다리 길이 차이를 보정하기 위하여 오른쪽, 왼쪽 다리의 위앞엉덩뼈가시(Anterior superior iliac spine)로부터 안쪽목사(Medial malleolus)까지의 다리길이를 측정하였다. 표준화 공식을 사용하여 평균과 표준편차를 구하였으며 표준화된 수치는 백분율로 나타내었다. 표준화 공식은 다음과 같다(Table 3).

3. 실험절차

본 연구는 무작위 대조군 연구(Randomized Controlled Study Design)를 적용하여 성인 여성 31명을 대상으로 필라테스 호흡 집단(n=15)과 일반 호흡 집단(n=16)으로 나누어 실험을 진행하였다. 필라테스 호흡 집단은 숙련된 강사로부터 호흡 방법에 대한 충분한 교육을 받은 후 리포머 풋워크 운동을 수행하였으며, 일반 호흡 집단은 별도의 교육 없이 평소 자신의 호흡 방식으로 운동을 진행하였다. 근활성도 및 동적 균형 측정은 리포머 풋워크 운동 전과 후에 실시하였으며, 운동으로 인한 근피로를 최소화하기 위해 운동 후 30분의 휴식 시간을 제공한 후 재측정을 진행하였다. 모든 측정은 동일한

조건에서 3회 반복 수행하였으며, 데이터는 3회의 평균 값을 사용하였다.

4. 자료분석

필라테스 호흡 집단과 일반적인 호흡 집단의 다리 근활성도 및 동적 균형능력의 차이를 알아보기 위하여 SPSS 18.0(Version 18.0 for Windows, IBM, IL USA) 통계 프로그램을 사용하였고, 유의수준은 .05로 설정하였다. 필라테스 호흡과 일반 호흡 집단의 운동 전, 후 근활성도 및 균형능력 변화를 비교하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test)을 실시하였으며, 두 집단 간 운동 전, 후 변화량의 차이를 분석하기 위해 독립표본 t-검정(Independent t-test)을 활용하였다.

III. 연구결과

1. 일반적 특성

본 연구는 필라테스 호흡 집단 15명, 일반적인 호흡 집단 16명으로 총 31명을 대상으로 실험을 진행하였다. 필라테스 호흡 집단의 평균 나이는 31.87 ± 6.36 세, 평균 신장은 162.17 ± 4.17 cm, 평균 체중은 52.83 ± 5.05 kg이었다(Table 4).

Table 4. General characteristics of each group (n=31)

	PB (n=15)	GB (n=16)
Gender(female)	15	16
Age (years)	31.87 ± 6.36 [†]	31.88 ± 8.11 [†]
Height (cm)	162.23 ± 4.15	162.17 ± 4.17
Weight (kg)	51.06 ± 5.02	52.83 ± 5.05

[†]mean ± Standard Deviation, PB: Pilates breathing, GB: general breathing

Table 5. Comparison of the leg muscle activity prior to and after exercise within the breathing group

Variables	Muscle	Pre Exercise	Post Exercise	t	p
PB	VMO	2582.51 ± 285.72 [†]	3219.10 ± 305.93 [†]	-2.645	.195
	VLO	2524.66 ± 339.39	3519.83 ± 703.46	-2.272	.394
GB	VMO	2432.31 ± 366.63 [†]	2521.71 ± 354.30 [†]	-1.071	.301
	VLO	1669.07 ± 232.42	1670.94 ± 803.65	-.023	.983

[†]mean (± standard error), *p < .05, PB: Pilates breathing, VMO: vastus medialis oblique muscle, VLO: vastus lateralis oblique muscle

Table 6. Comparison of the quantity of changes in the leg muscle activity prior to and after exercise between the two groups

Muscle	PB	GB	t	p
VMO	636.58 ± 241.04 [†]	89.39 ± 83.36 [†]	2.201	.044*
VLO	995.16 ± 438.16	1.87 ± 91.43	2.283	.032*

[†]mean (± standard error), *p < .05, VMO: vastus medialis oblique muscle, VLO: vastus lateralis oblique muscle

Table 7. Comparison of the dynamic balance ability score before and after exercise within the group for the Pilates breathing and general breathing groups

Variables	Pre Exercise	Post Exercise	t	p
PB	60.19 ± 2.07 [†]	68.81 ± 2.37 [†]	-4.891	.001*
GB	62.12 ± 1.92	65.05 ± 2.18	-1.834	.080

[†]mean (± standard error), *p < .05, PB: Pilates breathing, GB: general breathing

2. 호흡 방법에 따른 리포머 풋워크 운동 전, 후 집단 내 및 집단 간 다리근육 활성화도 차이 비교

필라테스 호흡 집단 내 운동 전, 후 비교에서 리포머 풋 워크 운동 후 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 활성화도는 유의한 증가가 있었다(p < .05)(Table 5). 일반적인 호흡 집단 내 운동 전, 후 비교에서 리포머 풋 워크 운동 후 안쪽넓은근, 가쪽넓은근의 활성화도 모두 유의한 증가가 없었다(p > .05)(Table 5). 운동 전, 후 두 집단 간 변화량 비교에서는 운동 후 안쪽넓은근과 가쪽넓은근

은 필라테스 호흡에서 유의한 증가가 있었다(p < .05)(Table 6).

3. 호흡방법에 따른 리포머 풋워크 운동 전, 후 집단 내 및 집단 간 동적균형 차이 비교

필라테스 호흡 집단 내 운동 전, 후 비교에서 리포머 풋 워크 운동 후 동적균형능력 점수가 유의하게 증가하였다(p < .05) (Table 7). 일반적인 호흡 집단 내 운동 전, 후 비교에서는 리포머 풋 워크 운동 후 동적균형능

Table 8. Comparison of the quantity of changes in the dynamic balance ability score between the two groups

Variables	PB	GB	t	p
Post - Pre	8.63 ± 1.76 [†]	2.93 ± 1.59 [†]	2.423	.024*

[†]mean (± standard error), *p < .05, PB: Pilates breathing, GB: general breathing

력의 점수는 유의한 증가가 없었다($p > .05$) (Table 7). 운동 전, 후 두 집단 간 변화량 비교에서 필라테스 호흡 집단에서 동적균형능력 점수가 유의하게 증가하였다 ($p < .05$) (Table 8).

IV. 고 찰

본 연구는 성인여성을 대상으로 필라테스 호흡과 일반적인 호흡을 적용한 리포머 풋워크 운동이 다리 및 발목 근육의 활성도와 동적 균형에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

연구의 결과, 필라테스 호흡 집단과 일반적인 호흡 집단의 리포머 풋 워크 운동 후 다리근육 활성화는 집단 간, 집단 내 운동 전·후 비교에서 필라테스 호흡 집단에서만 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 활성도가 유의하게 증가하였다. 이나리 등[23]은 필라테스 호흡이 일반적인 호흡보다 다리근력 증가에 유의한 증가가 있었다고 하였으며, 김명수 등[24]은 필라테스 호흡을 동반한 운동이 무릎관절의 근력과 근지구력에 효과적인 운동이라 하였으며, 이문정[25]도 필라테스 호흡을 동반한 리포머 풋워크 운동이 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 활성도를 증가시키는데 효과적이라고 하였다. 이러한 이유는 필라테스 호흡이 일차적으로 배근육의 활성화로 골반을 안정화시키며, 안정된 골반은 몸통에 가해지는 힘을 효율적으로 다리로 전달하여 다리의 근육을 활성화시킨다[26]. 즉, 필라테스 호흡을 통한 배근육의 자극은 방산효과를 통해 다리 근육을 활성화시켜 근력향상에 효과적이라고 생각된다[27-29]. 이는 다리 근력 강화가 필요한 사람들에게 효과적인 방법이 될 수 있다.

동적균형능력은 집단 간 비교에서 리포머 풋워크 운동 후 필라테스 호흡 집단에서 동적균형능력점수가 유의하게 증가하였으며, 집단 내 운동 전·후 비교에서

도 유의하게 증가하였다. 박정민과 현광석[30]은 양궁 선수에게 필라테스 호흡을 동반한 운동이 안정화 근육을 강화시킬 수 있기 때문에 동적균형 능력의 향상에 도움이 된다고 하였으며, Johnson 등[31]은 건강한 성인에게 5주간의 필라테스 운동프로그램이 동적 균형 능력 변화에 유의한 증가가 있다고 하였다. Lee 등[32]은 성인여성들을 대상으로 다리근력과 동적균형의 관련성을 분석하기 위해 Y-balance test를 사용하여 측정하였으며, 그 결과 다리근력이 동적균형에 유의한 영향을 미칠 수 있으며, 두 요인 사이의 높은 관련성을 나타낸다고 하였다. 필라테스는 척추와 골반의 상호작용으로 인해 다리 근력 발현에 영향을 미친다고 하였고[33], 필라테스 호흡을 통한 몸통 근육의 활성화는 동적 균형과 관련성이 있다고 하였다[34]. 이는 몸통과 골반 주변의 근육들이 안정성을 유지시켜 균형을 잡는데 도움을 주면서[35], 압력과 질량의 중심이 이동하는 것을 감소시키기 때문이다[36]. 따라서 필라테스 호흡을 동반한 리포머 풋워크 운동은 골반과 다리 근력의 동시 협응을 통한 안정성과 근육의 조절능력 향상으로 동적균형능력 향상에 도움이 되었음을 확인할 수 있었다.

본 연구에는 몇 가지 제한점이 존재한다. 첫째, 연구 대상자가 성인 여성으로 한정되고 표본 수가 적어 연구 결과를 일반화하는 데 어려움이 있다. 둘째, 중재 기간이 짧아 운동 학습 효과와 장기적인 운동 효과를 충분히 검증하기 어려웠다. 셋째, 연구 대상자 간 기초 운동능력의 차이를 완전히 통제하지 못하였다. 향후 연구에서는 이러한 제한점을 보완하여 필라테스 호흡을 포함한 운동의 효과를 보다 다양한 대상과 장기적인 관점에서 검증하는 연구가 이루어지길 기대한다.

V. 결론

본 연구는 성인 여성을 대상으로 필라테스 호흡을 적용한 리포머 풋워크 운동이 다리 근육 활성도와 동적 균형 능력에 미치는 영향을 분석하고자 하였다. 연구 결과, 필라테스 호흡을 병행한 리포머 풋워크 운동이 일반적인 호흡을 적용한 경우보다 다리 근육 활성화와 동적 균형 향상에 더욱 효과적인 것으로 나타났다. 이에 따라, 필라테스 호흡을 활용한 리포머 풋워크 운동은 다리의 안정성을 강화하고 균형 능력을 향상시키는 효과적인 운동 방법으로 제시될 수 있다.

References

- [1] Kloubec JA. Pilates for improvement of muscle endurance, flexibility, balance, and posture. *J Strength Cond Res*. 2010;24(3):661-7.
- [2] Wells C, Kolt GS, Bialocerkowski A. Defining pilates exercise: a systematic review. *Complement Ther Med*. 2012;20(4):253-62.
- [3] Latey P. Updating the principles of the pilates method: part 2. *J Bodyw Mov Ther*. 2002;6(2):94-101.
- [4] Phrompaet S, Paungmali A, Pirunsan U, et al. Effects of pilates training on lumbo-pelvic stability and flexibility. *Asian J Sports Med*. 2011;2(1):16-24
- [5] Latey P. The Pilates method: history and philosophy. *J Bodyw Mov Ther*. 2001;5(4):275-82.
- [6] Hodges PW, Richardson CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Phys Ther*. 1997;77(2):132-42.
- [7] Paul M. The anatomy of pilates. California, North Atlantic Books Company. 2009.
- [8] Yoon SH. The effect of pilates program for the development of posture and balance. Doctor's Degree. Myongji University. 2009.
- [9] Kim KL. Effects of ankle motion on postural sway in healthy adult. Master's Degree. Sahmyook University. 2012.
- [10] Ju SR. The difference between the balance and ankle instability of the exercise program for the patient. Master's Degree. Ewha Womans University. 2019.
- [11] Lee HS. Does ankle joint exercise improve isometric strength and balance ability than thigh exercise? Master's Degree. DanKook. University. 2019.
- [12] Kim HR, Kim HJ, Lee JH, et al. The effect of adjusted balance training and muscle training on balance using ankle strategy. *PNF and Movement*. 2014;12(3):133-42.
- [13] Kloubec JA. Pilates: how does it work and who needs it? *Muscles Ligaments Tendons J*. 2011;1(2):61-9.
- [14] Isacowitz R. Pilates, 2th ed. champaign IL, Human Kinetics. 2007.
- [15] Lee KJ. The relationship of trunk muscle activation and core stability: a biomechanical analysis of pilates-based stabilization exercise. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(23):1-11.
- [16] Kim WK. The effect of pilates reformer exercise on body composition electromyogram of abdominal muscles and blood free oxygen radical in middle age women. Doctor's Degree. Chosun University. 2017.
- [17] Park MY. Influence of pilates exercise on muscular strength on lumbar region and physical composition. Master's Degree. Nambu University. 2006.
- [18] Hwang HH. The effect of pilates exercise program on health related physical fitness in salaried women. Master's Degree. Korean National Sport University. 2006.
- [19] Cram JR, Kasman GS, Holtz J. Introduction to surface electromyography. Gaithersburg, Aspen Publishers. 1998.
- [20] Lee SK, Ahn SH. Effects of balance evaluation comparison of dynamic balance and Y balance. *J Exerc Rehabil*. 2018;14(6):939-43.
- [21] Plisky PJ, Gorman PP, Butler RJ, et al. The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *N Am J Sports Phys Ther*. 2009;4(2):92-9.
- [22] Hertel J. Functional instability following lateral ankle

- sprain. *J Sports Med.* 2000;29(5):361-71.
- [23] Lee NR, Yun SJ, Choi KS. The effect of pilates exercises on isokinetic muscular strength and balance in lower limbs for young aged women. *J Korea Acad-Ind Coop Soc.* 2016;17(11):691-700.
- [24] Kim MS, Kim SH, Bang HS. Effect of weight training and mat pilates exercise and detraining on inflammatory markers and isokinetic muscular functions in elderly women. *Korea J Sports Sci.* 2016;25(6):1421-34.
- [25] Lee MJ. The Effects of pilates breathing on the adult Female's Body and Leg Muscle Activity and Balance. Master's Degree. Dong Eui University. 2020.
- [26] Neumann DA. *Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for physical rehabilitation.* (2nd ed). Singapore, Mosby Elsevier. 2010.
- [27] McGill SM. Low back stability: from formal description to issues for performance and rehabilitation. *Exerc Sport Sci Rev.* 2001;29(1):26-31.
- [28] McGill SM, Grenier S, Kavcic N, et al. Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine. *J Electromyogr Kinesiol.* 2003;13(4):353-9.
- [29] Hwang BI, Kim JW. Effects of lumbar stabilization exercise on lumbar and lower extremity strength of the elderly women. *J of the korean society of physical medicine.* 2011;6(3):267-75.
- [30] Park JM, Hyun GS. The effects of respiratory muscle training with core stability exercises on pulmonary function and static balance abilities of archers. *Korea J Sports Sci.* 2016;25(5):1149-59.
- [31] Johnson EG, Larsen A, Ozawa H, et al. The effects of Pilates-based exercise on dynamic balance in healthy adults. *J Bodyw Mov Ther.* 2007;11(3):238-42.
- [32] Lee DK, Kim GM, Ha SM, et al. Correlation of the Y-balance test with lower-limb strength of adult women. *J Phys Ther Sci.* 2014;26(5):641-3.
- [33] Lee SH. The effects of pilates exercise career on Functional Movement Screen and Y-Balance Test in adult women. Doctor's Degree. Sae Jong University. 2018.
- [34] Granacher U, Gollhofer A, Hortobágyi T, et al. The importance of trunk muscle strength for balance, functional performance, and fall prevention in seniors: a systematic review. *Sports Med.* 2013;43(7):627-41.
- [35] Kibler WB, Press J, Sciascia A. The role of core stability in athletic function. *Sports Med.* 2006;36(3):189-98.
- [36] Chevidikunnan MF, Al Saif A, Gaowgzeh RA, et al. Effectiveness of core muscle strengthening for improving pain and dynamic balance among female patients with patellofemoral pain syndrome. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(5):1518-23.