

Research Article

Open Access

필라테스의 데드버그 운동과 스위스 볼 운동이 건강한 성인의 심박수 및 호흡 기능에 미치는 즉각적인 효과

김소현 · 조성현[†]

청주대학교 보건의료과학대학 물리치료학과, ¹남부대학교 물리치료학과

The Immediate Effects of the Pilates Dead Bug and the Swiss Ball Exercises on the Heart Rate and Pulmonary Function of Healthy Adults

So-Hyun Kim, PT, PhD · Sung-Hyoun Cho, PT, PhD[†]

Department of Physical Therapy, College of Health and Medical Science, Cheongju University

¹Department of Physical Therapy, Nambu University

Received: April 15, 2025 / Revised: April 18, 2025 / Accepted: July 2, 2025

© 2025 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: This study aimed to compare and analyze the changes in the heart rate and respiratory function of healthy adults following the application of the Pilates dead bug and Swiss ball exercises.

METHODS: This study randomly assigned 30 healthy adults to two groups, with 15 participants in each group. It was conducted as a crossover design in which both groups performed both, the Pilates dead bug and the Swiss ball exercises. The immediate effects on the heart rate, forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in 1 second (FEV₁), FEV₁/FVC ratio, peak expiratory flow (PEF), maximum

inspiratory pressure (MIP), and maximum expiratory pressure (MEP) were assessed before and immediately after the experiment.

RESULTS: The results of this study showed no significant differences between the two exercise groups ($p > .05$). However, both groups exhibited overall changes over time in their heart rates, MIPs, and MEPs ($p < .05$). Additionally, only the Pilates dead bug exercise group demonstrated time-dependent changes in PEF ($p < .05$).

CONCLUSION: Both exercises provide immediate improvements, with the Pilates dead bug exercise resulting in gains in specific respiratory parameters such as PEF. Further research is needed to explore its long-term benefits and potential applications in various populations, including individuals with respiratory or functional impairments.

Key Words: Dead bug exercise, Heart rate, Pilates, Respiratory function, Swiss ball

[†]Corresponding Author : Sung-Hyoun Cho
geriatricpt1@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5108-4342>

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

효율적인 심폐 기능은 건강한 삶을 유지하고 신체활동 수행 능력을 향상시키는데 필수적인 요소로 간주된다[1]. 이는 심박수와 호흡 기능과 같은 주요 생리적 지표를 통해 평가되며, 운동 후 나타나는 신체의 심폐 적응력을 판단하는데 중요한 역할을 한다[2, 3]. 심박수는 단위 시간 동안 심장이 박동하는 횟수로, 체내 혈액 순환과 대사 요구를 충족시키는 중요한 지표로 활용된다[4]. 또한, 호흡은 체내 산소 공급과 이산화탄소 배출을 담당하는 필수적인 생리적 과정으로, 이는 순환 시스템의 기능적 완전성을 유지하는데 중추적인 역할을 한다[5].

이와 같은 심폐 기능이 최적의 상태를 유지하기 위해서는 지속적인 신체 활동이 요구된다. 그러나 현대 사회의 좌식 생활 방식과 신체 활동 부족은 건강한 성인에게 장기적으로 심폐 건강에 부정적인 영향을 미칠 수 있다[6]. 이러한 문제를 해결하기 위해 다양한 운동 방법이 권장되며, 그 중에서도 코어(core) 운동 프로그램은 신체 대사 활성화와 운동 수행 능력 향상을 위한 효과적인 방법으로 주목받고 있다[7, 8]. 특히, 정적인 자세와 체간의 조절 능력을 요구하는 필라테스의 데드버그 운동(dead bug exercise)과 불안정한 표면에서의 균형 유지를 통해 근육 강화와 협응(coordination)을 극대화하는 특징을 가진 스위스 볼 운동(Swiss ball exercise)은 대표적인 코어 근육 강화 운동으로 널리 수행된다[9, 10]. 코어는 신체의 중심부를 의미하며, 주요 코어 근육(core muscle)으로는 가로막(diaphragm), 배가로근(transversus abdominis), 골반 바닥근(pelvic floor muscles), 뒗갈래근(multifidus)이 포함된다[11, 12]. 이들 근육은 몸통의 안정성과 균형을 유지하는데 핵심적인 역할을 하며, 자세 조절, 호흡 기능, 신체 움직임의 효율성 향상에도 관여한다[13, 14]. 특히, 가슴우리의 움직임을 조절하고, 안정적인 호흡 패턴을 유지하는데 중요한 기능을 수행한다[11]. 예를 들어, 코어 근육 중 하나인 가로막은 복부와 흉부의 내압을 조절함으로써, 사지의 움직임과 체간 안정성이 요구되는 상황에서 몸통을 지지하고 동시에, 흡기를 유도하는 주요 호흡 근육으로 작용한다[15]. 이러한 생리학적인 특성에 따라 가로막이 수축하여 하강하면 가슴우리의 부피가 증가하고 폐 내 압력이 감소

하여 외부 공기가 폐로 유입되는 흡기 과정이 일어난다[12]. 이와 동시에 복부 내압이 증가하며, 배가로근, 골반바닥근, 뒗갈래근과 함께 체간을 안정화시켜, 자세 유지와 호흡의 효율성 향상에 기여한다[12, 16]. 따라서 필라테스의 데드버그 운동과 스위스 볼 운동은 단순히 코어 근육의 강화뿐만 아니라, 호흡근을 활성화하고 심폐 기능을 개선할 가능성을 제시한다[17, 18].

그러나 아직까지 필라테스의 데드버그 운동과 스위스 볼 운동을 적용하여 건강한 성인을 대상으로 심박수와 호흡 기능 측면에서 비교한 연구는 부족한 실정이다. 대부분의 기존 연구는 근력이나 균형 개선과 같은 신체 기능적 효과에 초점을 맞추고 있으며[10, 19], 심폐 적응력 변화에 대한 연구는 상대적으로 미비하다. 또한, 호흡 기능의 즉각적인 변화에 대한 연구는 맥켄지 운동[20], 들숨근 저항운동[21] 등과 관련된 연구는 진행되어 왔으나, 필라테스의 데드버그 운동과 스위스 볼 운동에 대한 심박수와 호흡 기능의 즉각적인 효과를 다룬 연구는 부족하다.

따라서 본 연구의 목적은 건강한 성인을 대상으로 필라테스의 데드버그 운동과 스위스 볼 운동이 심박수 및 호흡 기능에 미치는 즉각적인 영향을 비교 분석하고, 이에 따른 생리학적인 반응을 기반으로 심폐 기능 향상을 위한 운동 개발 및 임상적 활용 가능성을 탐색하는 데 있다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

본 연구는 광주광역시에 위치한 N 대학교에서 건강한 20대 성인 30명을 대상으로 수행되었으며, 남녀 각 15명으로 구성되었다. 연구 시작 전, 모든 참여자들에게 연구의 목적과 절차에 대해 구체적으로 설명한 후, 자발적인 동의를 얻어 연구 참여 동의서에 서명하도록 하였다. 연구는 헬싱키 선언의 윤리적 원칙을 준수하여 진행되었으며, 동의한 대상자에 한해 실험이 수행되었다. 연구 대상자의 포함 기준은 선천적 또는 후천적 근골격계 질환이 없는 자, 인지적 기능에 문제가 없는 자, 최근 6개월 이내에 요통을 지속적으로 경험하지 않은 자, 최근 6개월 이내에 호흡기 기능 저하나 통증 또는 기타 질환이 없는 자, 최근

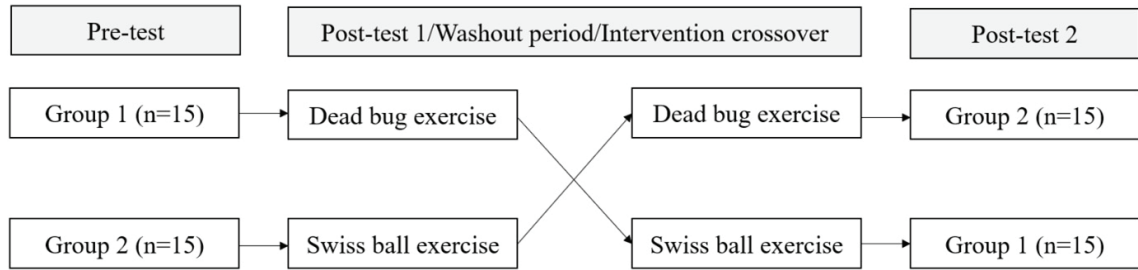


Fig. 1. Flow chart of the study methodology.

심장 및 호흡기 질환으로 병원에서 진단받지 않은 자로 정하였다. 제외 기준은 정형외과적 및 신경학적 질환이 있는 자, 운동 수행에 필요한 관절 가동 범위와 근력이 저하된 자, 과거 호흡기 질환으로 수술을 받은 경험이 있는 자, 평소 호흡 시 통증이나 불편함이 있는 자로 정하였다.

2. 측정도구 및 실험도구

1) 심박수 검사

심박수는 스마트 워치인 애플워치 SE(Apple watch SE, Apple Inc, China)를 사용하였다. 애플워치는 심박수와 심전도 등의 다양한 기능을 제공하며, 높은 정확성을 보이는 기기로 보고되었다[22]. 연구 시작 전, 대상자들에게 위치를 올바르게 착용하도록 안내하여, 정확한 심박수 측정이 이루어지도록 하였다. 안정 상태의 심박수를 측정한 후, 각 운동 세션이 종료된 직후 심박수 데이터를 수집하여 운동 전·후의 변화를 분석하였다.

2) 호흡 기능 검사

호흡 기능은 폐 기능 검사 장비(Pony FX, COSMED Inc, Italy)를 사용하여 측정하였다. 측정 항목으로는 노력성 폐활량(forced vital capacity, FVC), 1초간 노력성 날숨량(forced expiratory volume in 1 second, FEV1), FEV1/FVC 비율(forced expiratory volume at 1 second to forced vital capacity ratio, FEV1/FVC), 최대날숨유량(peak expiratory flow, PEF), 최대일숨압력(maximum inspiratory pressure, MIP), 최대날숨압력(maximum expiratory pressure, MEP)을 측정하였다. 정확한 측정을 위해 검사 절차를 대상자들에게 충분히 설명하였고, 감독자가 직접 시범을 제공하였다. 대상자는 의자에 바르게 앉아 엉덩관절을 직각으로 굽힌 상태에서 상체를 바로 세운 자세를

유지하였다[23]. 호흡이 새는 것을 방지하기 위해 코마개로 코를 막고, 마우스피스를 단단히 물게 하였다[24]. FVC, FEV1, FEV1/FVC, PEF는 편안한 호흡을 3회 수행한 후, 최대로 들이마시고 6초간 최대로 내쉬는 방식으로 측정하였다. 또한, MIP와 MEP는 기기가 종로 소리를 낼 때까지 최대한 들이마시고 내쉬는 방식으로 측정하였다. 측정 항목은 정확한 값을 확보하기 위해 각 3회 반복하여 가장 높은 측정값을 분석하였다.

3. 실험절차

본 연구는 연구 대상자 모두가 필라테스의 데드버그 운동과 스위스 볼 운동을 수행하는 무작위 교차연구 설계(randomized crossover design)를 적용하였다(Fig. 1). 이 설계는 대상자들이 모든 중재를 경험하게 하여 개인 간 변이를 최소화하고, 중재 효과를 보다 정확하게 비교할 수 있는 장점이 있다[25]. 연구 대상자들은 무작위로 두 집단에 배정되었으며, 각 집단은 두 가지 운동을 수행한 후 심박수와 호흡 기능을 측정하였다. 연구는 3일 동안 총 2회에 걸쳐 진행되었으며, 이월효과(carryover effect)의 최소화를 위해 1일의 세척 기간(washout period)을 적용하고 하루에 하나의 운동만을 수행하도록 하였다.

1) 필라테스의 데드버그 운동

본 연구에서는 운동에 앞서 준비운동[26]을 실시한 후, 필라테스에서 사용되는 데드버그 자세를 선행연구를 바탕으로 적용하였다[17,27]. 대상자는 바로 누운 자세에서 어깨관절, 엉덩관절과 무릎관절을 약 90도로 굽힌 상태로 시작하였다. 복부에 긴장을 유지하여 허리가 바닥에서 뜨지 않도록 밀착시키고, 허리와 골반의 정렬이 유지되도록 하였다. 운동은 엉덩관절과 무릎을 펴서 다리를 지면 방향



Fig. 2. Pilates-based dead bug exercise.



Fig. 3. Swiss ball exercise.

으로 내리는 동시에, 어깨관절을 굽혀 팔을 지면 방향으로 이동시키는 방식으로 수행되었다. 이때, 사지를 교차하여 반복적으로 움직이며, 동작 중 숨을 내쉬도록 유도하였고, 팔과 다리가 지면에 닿지 않도록 지도하였다(Fig. 2). 운동은 1세트당 10회씩 총 3세트를 수행하였으며, 세트 간 휴식 시간은 30초로 설정하였다.

2) 스위스 볼 운동

본 연구는 선행연구에서 제시된 준비 운동과 스위스 볼을 활용한 교각 운동을 적용하였다[26]. 대상자는 스위스 볼 위에 양 발을 올려 뒤꿈치와 종아리가 볼에 닿도록 하였으며, 골반의 뒤쪽 경사와 함께 복부를 당기고 호흡을 내쉬면서 천천히 골반을 들어 올리도록 하였다. 골반을

들어 올릴 때 2초, 자세 유지할 때 6초, 골반을 내릴 때 2초를 소모하여 동작을 총 10초간 수행하였다(Fig. 3). 1세트 당 10회를 수행하였고, 총 3세트를 진행하였다. 세트 간 휴식 시간은 30초로 설정하였다.

4. 자료 분석

본 연구에서 수집된 자료는 SPSS version 25.0(IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 사용하여 분석되었다. 대상자의 일반적 특성은 기술통계를 통해 분석하였으며, 데이터의 정규성을 확인하기 위해 샤피로-윌크 검정(Shapiro-Wilk Test)을 실시하였다. 반복측정 분산분석(repeated measure ANOVA)을 사용하여 집단 간 사전과 사후 시점에서의 차이를 분석하였다. 대응표본 t-검정(paired samples t-test)을 사용하여 각 그룹의 시점 간 평균 차이를 분석하였다. 모든 통계 분석의 유의수준은 .05로 설정하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

본 연구에 참여한 대상자는 남성 15명(50.0%)과 여성 15명(50.0%)으로 구성되었으며, 평균 연령은 22.10 ± 2.20 세, 평균 신장은 167.97 ± 8.06 cm, 평균 체중은 67.30 ± 13.73 kg, 평균 BMI는 23.98 ± 3.94 kg/m²이었다(Table 1).

2. 각 집단과 기간에 따른 심박수와 호흡 기능의 변화

1) 심박수의 변화

각 집단 별 심박수에서의 운동 전·후 변화에 대한 평균 및 표준 편차는 Table 2에 제시하였다. 심박수는 상호작용

Table 1. Characteristics of the participants

(N = 30)

Variables	Mean or n(%)	Standard deviation	Minimum~Maximum
Sex(male/Female)	15(50)/15(50)	-	-
Age(years)	22.10	2.20	18.00~27.00
Height(cm)	167.97	8.06	153.00~178.00
Weight(kg)	67.30	13.73	47.00~100.00
BMI(kg/m ²)	23.98	3.94	18.40~33.70

Table 2. Comparison of the heart rate and respiratory function across time points and groups according to the exercise methods (N = 30)

Variables	Group	Pre-test (M ± SD)	post-test (M ± SD)	F (p)		
				Group	Period	Group × Period
HR(bpm)	Dead bug	76.90 ± 9.94	108.47 ± 12.28	.361	392.843	.889
	Swiss Ball	76.90 ± 9.94	105.60 ± 11.50	(.550)	(< .001)	(.350)
FVC(L)	Dead bug	3.90 ± .78	3.95 ± .85	.001	1.173	.544
	Swiss Ball	3.90 ± .78	3.91 ± .83	(.929)	(.283)	(.464)
FEV1(L)	Dead bug	2.80 ± .99	2.86 ± 1.07	.004	.608	.054
	Swiss Ball	2.80 ± .99	2.83 ± 1.03	(.953)	(.439)	(.817)
FEV1/ FVC(%)	Dead bug	70.07 ± 17.96	70.53 ± 18.10	.015	.545	.155
	Swiss Ball	70.07 ± 17.96	71.60 ± 16.51	(.903)	(.463)	(.695)
PEF(L/sec)	Dead bug	4.73 ± 2.52	5.38 ± 3.02	.158	4.088	1.881
	Swiss Ball	4.73 ± 2.52	4.86 ± 2.58	(.693)	(.048)	(.176)
MIP (cmH ₂ O)	Dead bug	75.37 ± 33.60	85.90 ± 40.07	.003	15.263	.041
	Swiss Ball	75.37 ± 33.60	84.87 ± 39.40	(.955)	(< .001)	(.841)
MEP (cmH ₂ O)	Dead bug	63.40 ± 23.49	74.80 ± 32.27	.004	20.923	.030
	Swiss Ball	63.40 ± 23.49	73.97 ± 30.52	(.951)	(< .001)	(.863)

M ± SD: mean ± standard deviation, HR: heart rate, FVC: forced vital capacity, FEV1: forced expiratory volume in 1 second, FEV1/FVC: forced expiratory volume at 1 second to forced vital capacity ratio, PEF: peak expiratory flow, MIP: maximum inspiratory pressure, MEP: maximum expiratory pressure.

과 집단 간의 주 효과 검정에서 유의하지 않았으나($p > .05$), 시점에 따른 주 효과 검정에서는 유의하였다($p < .05$)(Table 2). 필라테스의 데드버그 운동과 스위스 볼 운동 방법 모두 중재 전·후에서 유의한 증가를 보였다($p < .05$)(Table 3).

2) 호흡 기능의 변화

각 집단 별 호흡 기능의 운동 전·후 변화에 대한 평균 및 표준 편차는 Table 2에 제시하였다. FVC, FEV1, FEV1/FVC에서는 상호작용과 모든 주 효과 검정에서 모두 유의하지 않았다($p > .05$). 반면, PEF, MIP, MEP에서는 상호작용과 집단 간의 주 효과 검정에서 유의하지 않았지만($p > .05$), 시점에 따른 주 효과 검정에서 유의하였다($p < .05$)(Table 2). PEF는 필라테스의 데드버그 운동에서만 중재 전·후 유의한 증가를 보였으며($p < .05$), MIP와 MEP는 필라테스의 데드버그 운동과 스위스 볼 운동 방법 모두 중재 전·후 유의한 증가가 있었다($p < .05$)(Table 3).

IV. 고 찰

본 연구는 건강한 성인을 대상으로 필라테스의 데드버그 운동과 스위스 볼 운동을 적용한 무작위 교차연구 설계로 수행하였으며, 운동 직후의 심박수와 호흡 기능의 즉각적인 변화를 비교하여 심폐 기능 향상을 위한 운동 방법으로써의 적용 가능성을 확인하고자 하였다.

본 연구의 결과에서는 두 운동 방법 간의 유의미한 차이는 없었으나, 심박수와 MIP, MEP에서 두 집단 모두 시간에 따라 유의미한 변화를 보였다. 이전 연구에 따르면, 데드버그 운동은 몸통 근육의 동시 수축을 통해 허리와 골반의 안정성을 증진시키며[28], 건강한 성인의 배가로근의 두께를 증가시키는 효과적인 운동법으로 보고되었다[29]. 아울러 8주간 필라테스의 코어 운동을 수행했을 때, MIP와 MEP를 포함한 다양한 호흡 변인이 유의하게 증가한다는 연구 결과와 일치한다[17, 30]. 또한, 스위스 볼을 활용한 교각 운동은 불안정한 지지면을 통해 복부와 호흡근을 강화하여 MIP와 MEP를 개선시키는 것으로 보고되

Table 3. Pre- and post-comparison of the heart rate and respiratory function according to the exercise methods
(N = 30)

Variables	Group	Mean	SD	t	p
HR(bpm)	Dead bug	-31.57	11.86	-14.574	< .001
	Swiss Ball	-28.70	11.69	-13.448	< .001
FVC(L)	Dead bug	-.05	.20	-1.244	.223
	Swiss Ball	-.01	.19	-.253	.802
FEV1(L)	Dead bug	-.07	.40	-.911	.370
	Swiss Ball	-.04	.59	-.329	.744
FEV1/ FVC(%)	Dead bug	-.47	10.25	-.249	.805
	Swiss Ball	-1.53	10.73	-.783	.440
PEF(L/sec)	Dead bug	-.65	1.35	-2.645	.013
	Swiss Ball	-.12	1.61	-.424	.675
MIP(cmH ₂ O)	Dead bug	-10.53	21.37	-2.700	.011
	Swiss Ball	-9.50	18.23	-2.855	.008
MEP(cmH ₂ O)	Dead bug	-11.40	19.49	-3.204	.003
	Swiss Ball	-10.57	17.67	-3.276	.003

SD: standard deviation, HR: heart rate, FVC: forced vital capacity, FEV1: forced expiratory volume in 1 second, FEV1/FVC: forced expiratory volume at 1 second to forced vital capacity ratio, PEF: peak expiratory flow, MIP: maximum inspiratory pressure, MEP: maximum expiratory pressure.

었다[26]. 이는 산소 공급과 이산화탄소 배출을 효율적으로 향상시켜 일상생활 및 운동 수행 시 신체적 부담을 줄일 수 있음을 나타낸다[31]. 따라서 데드버그 운동과 스위스 볼의 운동은 호흡과 관련된 코어 근육을 활성화하여 호흡의 질을 향상시키고 심폐 기능에 긍정적인 변화를 가져올 수 있는 것으로 생각된다.

반면, FVC와 FEV1, FEV1/FVC의 결과는 선행연구[17, 32]와 달리 집단과 시기 간 유의한 차이를 보이지 않았다. 이는 본 연구가 건강한 성인을 대상으로 한 연구이기 때문에 대상자의 초기 호흡 기능이 정상 범위에 있었으므로 변화가 제한적이었을 가능성이 있다. 또한, 해당 선행연구들이 6주간 주 2회로 시행된 장기 중재였던 반면, 본 연구는 단일 회기에 대한 즉각적인 효과를 측정하였다는 점에서 결과의 차이가 있었던 것으로 판단된다. 특히, 건강한 성인을 대상으로 다양한 코어 안정화 훈련과 횡격막 호흡을 병행한 장기간 적용한 선행연구에서는 단독의 호흡 훈련보다 복합 중재를 적용한 집단에서 유의미한 향상이 보고된 바 있어[32], 보다 장기적이고 통합적인 중재 접근의

필요성을 시사한다. 따라서 본 연구는 단기적인 중재만으로는 FVC, FEV1, FEV1/FVC에서 유의미한 변화를 유도하기 어려움을 확인하였으며, 이는 향후 장기적이고 다면적인 중재 설계가 필요함을 제언한다.

또 다른 측면에서 심박수의 변화 정도는 두 집단 모두 심폐 계통에 일정한 수준의 자극을 제공했음을 나타내며, 심폐 기능 증진과 관련된 초기 반응을 충분히 유도할 수 있는 것을 의미한다. 심박수의 변화는 가로막과 같은 호흡 근육의 활성화와 관련이 있으며[33], 운동 수행 중의 호흡 기능의 향상에 영향을 미칠 수 있다[34]. 다만, 이와 같은 단기적인 심박수 변화는 운동 수행에 대한 초기 반응을 평가하는데 유용할 수 있으나, 심폐 기능의 장기적 개선을 논하기 위해서는 추가적인 지표인 안정시 심박수 감소 및 심박수 회복 속도를 평가할 필요가 있다. 따라서 보다 장기간의 연구는 두 운동 방법의 효과에 대하여 명확히 규명할 수 있을 것이다.

또한, 본 연구에서 PEF는 집단 간 차이는 유의하지 않았으나, 시점에 따른 주 효과는 유의하게 나타났다.

이에 대한 추가 분석 결과에서는 필라테스의 데드버그 운동에서만 중재 전·후 유의한 증가를 보였다. 이 같은 양상은 데드버그 운동이 스위스 볼 운동에 비해 지지면이 없고 보조적 안정성이 낮아, 상대적으로 강도가 더 높고 더 많은 근 활성도를 유발했을 가능성이 있음을 시사한다. 특히, 자세 안정성을 유지하기 위해 호흡근을 비롯한 다양한 코어 근육이 상대적으로 더욱 활성화되었을 것으로 생각된다. 이러한 점에서 데드버그 운동이 배가로근과 가로막 등과 같은 호흡 및 코어 근육을 활성화를 촉진하는 운동으로써[35, 36], 복부 근육을 통한 호흡 보조 기능 강화로 인해 호흡 근 협응력 향상을 통한 폐 기능 최적화와도 관련이 있을 수 있다. 이는 데드버그 운동이 복부의 브레이싱 기법과 유사하며[28], 브레이싱 기법은 PEF의 개선과 관련하여 유용한 호흡법으로 활용될 수 있다는 연구[37]가 이를 뒷받침한다. 아울러 이러한 PEF의 증가는 강제 날숨을 담당하는 복부 근육의 두께와 관계가 있으며[38], 호흡에 대한 부담을 감소시킴으로써 더 나은 심폐 회복을 가능하게 한다[39]. 따라서 데드버그 운동을 통한 PEF의 개선은 일상적인 활동에서 원활한 호흡을 돕고 운동 수행 지속성을 향상시키는 데 기여할 수 있을 것이다. 다만, 두 집단 간 변화량에 대한 상호작용 효과는 유의하지 않았으므로, 필라테스의 데드버그 운동이 스위스 볼 운동보다 더 효과적이라고 단정하기에는 해석에 주의가 필요하다. 따라서 본 연구에서 나타난 PEF의 유의한 증가는 필라테스의 데드버그 운동이 PEF를 포함한 호흡 지표에 긍정적인 영향을 미칠 수 있음을 시사하는 수준으로 이해되어야 한다.

이와 함께 본 연구는 개별 차이를 최소화하고 연구의 내적 타당성을 높이는 무작위 교차연구를 사용하여 운동의 즉각적인 생리적 효과를 비교 분석했다는 점에서 의의가 있다. 이는 두 운동이 코어 및 호흡근 활성화를 통해 심폐 기능에 미치는 긍정적인 영향을 단기적으로 확인했다는 점에서 향후 임상적 적용 가능성을 탐색하는 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

그러나 본 연구의 한계점은 다음과 같다. 첫째, 연구에 참여한 대상자의 수가 제한적이며, 흡연여부와 같은 다양한 개인적 특성을 고려하지 못했기 때문에 해당 결과를 일반화하기 어렵다. 추후 연구에서는 다양한 개인적 특성

을 고려하고 더 큰 표본을 확보해야 할 것이다. 둘째, 본 연구는 건강한 성인만을 대상으로 진행되었기 때문에, 다양한 연령대와 특정 질환에 대한 대상자를 포함한 연구가 이루어진다면 보다 일반화 가능한 결과를 얻을 수 있을 것이다. 셋째, 본 연구는 운동의 즉각적인 생리적 변화를 관찰하는 데 초점을 두었기 때문에, 운동 방법에 따른 장기적인 효과를 평가하는 데는 한계가 있었다. 본 연구에서 나타난 생리적 변화는 단기적인 반응에 불과할 수 있으며, 결과 해석에 주의가 필요하다. 따라서 향후 연구에서는 장기적인 관찰을 포함한 연구 설계를 고려해야 한다. 넷째, 심박수와 호흡 기능을 주요 변수로 선정하였으나, 더욱 다양한 생리적 지표와 운동 성능 변인을 포함한 연구가 이루어진다면 보다 포괄적인 결과를 도출할 수 있을 것이다.

V. 결론

본 연구는 필라테스의 데드버그 운동과 스위스 볼 운동이 건강한 성인의 심박수와 호흡 기능에 대한 즉각적인 변화를 비교하기 위해 수행되었다. 연구 결과, 두 운동 모두 집단 내에서 심박수, MIP, MEP가 증가하는 양상을 보였다. 특히, 필라테스의 데드버그 운동에서는 PEF에서도 유의한 향상이 나타났다. 이러한 결과는 두 운동 모두 건강한 성인의 심박수와 호흡근 기능 향상에 긍정적인 영향을 미칠 수 있음을 나타내며, 즉각적인 생리적 반응을 확인함으로써 심폐 기능 향상을 위한 운동 프로그램 개발의 근거 자료로 활용될 수 있을 것이다. 이를 입증하기 위해 향후 연구에서는 각 운동의 장기적인 효과를 검증하고, 다양한 연령대와 특정 질환군을 포함한 대상자를 바탕으로 결과의 일반화를 도모해야 할 것이다.

Acknowledgements

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2022R1F1A1067604).

References

- [1] Bahls, M, Ittermann, T, Ewert, R, et al. Physical activity and cardiorespiratory fitness-a ten-year follow-up. *Scand J Med Sci Sports*. 2021;31(3):742-51.
- [2] Dominelli PB, Sheel AW. The pulmonary physiology of exercise. *Adv Physiol Educ*. 2024;48(2):238-51.
- [3] MacMillan JS, Davis LL, Durham CF, et al. Exercise and heart rate recovery. *Heart Lung*. 2006;35(6):383-90.
- [4] Armstrong R, Wheen P, Brandon L, et al. Heart rate: control mechanisms, pathophysiology and assessment of the neurocardiac system in health and disease. *QJM*. 2022;115(12):806-12.
- [5] Montes AM, Baptista J, Crasto C, et al. Abdominal muscle activity during breathing with and without inspiratory and expiratory loads in healthy subjects. *J Electromyogr Kinesiol*. 2016;30:143-50.
- [6] Dhuli K, Naureen Z, Medori MC, et al. Physical activity for health. *J Prev Med Hyg*. 2022;63(3):150-59.
- [7] Leggio M, Tiberti C, Limongelli G, et al. Cardiorespiratory fitness in healthy people: a step forward to primary cardiovascular health promotion. *Am J Med*. 2019;132(5):e564.
- [8] Lin X, Zhang X, Guo J, et al. Effects of exercise training on cardiorespiratory fitness and biomarkers of cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Am Heart Assoc*. 2015;4(7):1-28.
- [9] Pereira IL., Queiroz B, Loss J, et al. Trunk muscle EMG during intermediate pilates mat exercises in beginner healthy and chronic low back pain individuals. *J Manipulative Physiol Ther*. 2017;40(5):350-357.
- [10] Sekendiz B, Cug M, Korkusuz F. Effects of Swiss-ball core strength training on strength, endurance, flexibility, and balance in sedentary women. *J Strength Cond Res*. 2010;24(11):3032-40.
- [11] Faries MD, Greenwood M. Core training: stabilizing the confusion. *Strength & Conditioning Journal*. 2007;29(2):10-25.
- [12] Gransee HM, Mantilla CB, Sieck GC. Respiratory muscle plasticity. *Compr Physiol*. 2012;2(2):1441-62.
- [13] Mustafaoglu R, Demir R, Demirci AC, et al. Effects of core stabilization exercises on pulmonary function, respiratory muscle strength, and functional capacity in adolescents with substance use disorder: Randomized controlled trial. *Pediatr pulmonol*. 2019;54(7):1002-11.
- [14] Yildirim S, Ozyilmaz S, Elmadag NM, et al. Effects of core stabilization exercises on pulmonary function, respiratory muscle strength, peripheral muscle strength, functional capacity, and perceived appearance in children with adolescent idiopathic scoliosis: a randomized controlled trial. *Am J Phys Med Rehabil*. 2022;101(8):719-25.
- [15] Kocjan J, Adamek M, Gzik-Zroska B, et al. Network of breathing. Multifunctional role of the diaphragm: a review. *Adv Respir Med*. 2017;85(4):224-32.
- [16] Hodges PW, Gandevia SC. Changes in intra-abdominal pressure during postural and respiratory activation of the human diaphragm. *J Appl Physiol* (1985). 2000;89(3):967-76.
- [17] Kim WH. Effects of various core exercises on respiratory function in young adults. Master's Degree. Daegu University. 2023.
- [18] Seo HR, An DH, Kim MH, et al. Effects of stabilization exercise with and without respiratory muscle training on respiratory function and postural sway in healthy adults. *Journal of The Korean Society of Integrative Medicine*. 2023;11(3):25-33.
- [19] Kim JH, Jang WS. The effect of trunk muscle stabilization exercise on the trunk axial rotational power and muscle activation of the trunk rotator in junior woman basketball player. *Journal of Coaching Development*. 2014;16(3):115-22.
- [20] Ryu HY, Song JS, Yang MN, et al. The immediate

- effect of McKenzie exercise on respiratory function and respiratory muscle in young adults. *J Kor Acad Cardiorespir Phys Ther.* 2024;12(1);55-59.
- [21] Jeon HW, Shim JH, Kang SY. The immediate effects of inspiratory muscle training on diaphragm movement and pulmonary function in normal women. *J Korean Soc Phys Med.* 2018;13(1):73-80.
- [22] El-Amrawy F, Nounou MI. Are currently available wearable devices for activity tracking and heart rate monitoring accurate, precise, and medically beneficial? *Health Inform Res.* 2015;21(4):315-20.
- [23] Kang MS, Shim JH, Shim JH. Comparisons of diaphragm movement, pulmonary function, and pulmonary strength among exercise methods in children with cerebral palsy. *J Korean Soc Phys Med.* 2018;13(1):121-28.
- [24] Sriboonreung T, Leelarungrayub J, Yankai A, et al. Correlation and predicted equations of MIP/MEP from the pulmonary function, demographics and anthropometrics in healthy Thai participants aged 19 to 50 years. *Clin Med Insights Circ Respir Pulm Med.* 2021;15:1-9.
- [25] Lim CY, In J. Considerations for crossover design in clinical study. *Korean Journal of Anesthesiology.* 2021;74(4):293-99.
- [26] Lee SM, Kim MC, Ahn CJ, et al. Comparison of effects of abdominal stabilization exercise with stabilizer and gymBall on respiratory muscle activation. *J Korean Soc Phys Med.* 2018;13(3):11-7.
- [27] Yun BG, Lee SJ, So HJ, et al. Changes in muscle activity of the abdominal muscles according to exercise method and speed during dead bug exercise. *Physical Therapy Rehabilitation Science.* 2017;6(1):1-6.
- [28] Kim DW, Cho NJ, Kim TH. Comparison of dead bug exercise and abdominal draw-in exercise on the activities of lumbar extensor muscles and the pelvic angle during prone hip extension in women with weak abdominal muscles. *Journal of The Korean Society of Integrative Medicine.* 2020;8(2):1-9.
- [29] Tsartsapakis I, Gerou M, Zafeiroudi A, et al. Transversus abdominis ultrasound thickness during popular trunk-pilates exercises in young and middle-aged women. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology.* 2023;8(3):1-11.
- [30] Lee GC, Lee DY, Yu JH. The effects of regular pilates exercise on blood pressure and pulmonary variables. *Journal of the Korea Academia-Industrial.* 2011;12(7): 3088-95.
- [31] Illi SK, Held U, Frank I, et al. Effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy individuals: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine.* 2012;42:707-24.
- [32] Lalnunmawii AD, Baruah TS, Kalita A. A study to find the efficacy of core stabilization exercise on respiratory functions. 2022;12(3):25-32.
- [33] Lee JS, Lee MS, Lee JY, et al. Effects of diaphragmatic breathing on ambulatory blood pressure and heart rate. *Biomedicine & pharmacotherapy.* 2003;57:87-91.
- [34] Yoo SY, Park YB, Park YJ. Correlation Analysis of Respiratory variability and HRV. *The Journal of The Korea Institute of Oriental Medical Diagnostics.* 2008;12(2):74-83.
- [35] Yoon SW, Yoon SY, Park HK. Effect of virtual reality based ring fit adventure core exercise on the thickness of the transverse abdominis, internal oblique and external oblique muscle. *Journal of The Korean Society of Integrative Medicine.* 2022;10(4):93-102.
- [36] Ikele CN, Ikele IT, Ojukwu CP, et al. Comparative analysis of the effects of abdominal crunch exercise and dead bug exercise on core stability of young adults. *Niger J Med.* 2020;29(4):680-87.
- [37] Jang HR, Hwang BG, Lee DY. A preliminary study on effects of abdominal bracing exercise on respiratory function of normal adults. *Journal of the Korea Academia-Industrial.* 2019;20(7):236-41.
- [38] Ishida H, Kobara K, Osaka H, et al. Correlation between

peak expiratory flow and abdominal muscle thickness.
J Phys Ther Sci. 2014;26(11):1791-93.
[39] Quanjer PHH, Lebowitz MD, Gregg I, et al. Peak

expiratory flow: conclusions and recommendations of
a working party of the European respiratory society.
Euro Respir J. 1997;10:2-8.