

지속적인 매트 필라테스 운동이 여대생의 기초체력, 코어 안정성 및 허리 통증에 미치는 영향

김효진 PhD, 김창선 PhD

동덕여자대학교 체육학과

Continued Mat Pilates Exercise Improve Basal Physical Fitness, Core Stability and Back Pain in Healthy College Female

Hyojin Kim PhD, Changsun Kim PhD

Department of Physical Education, Dongduk Women's University, Seoul, Korea

PURPOSE: The purpose of this study was to investigate the effects of 8 weeks of mat Pilates exercise on back pain, muscle mass, isokinetic muscle function, and core stability in healthy college female.

METHODS: Twenty healthy college females (aged 21.7 ± 2.5 years) were recruited for the study. The participants were divided into two groups: mat Pilates exercise group (MP, $n=10$) and non-Pilates control group (CON, $n=10$). The MP group participated in the mat Pilates exercise program for 60 minutes a day, 3 days per week for 8 weeks. Back pain and basal physical fitness were assessed before and after the experimental period. Left and right core stabilities at 0° , 45° , 90° , 135° , and 180° were measured using Centaur (BFMC, Germany). Isokinetic muscle function ($60^\circ/s$) of both the knee and trunk was also measured using the isokinetic dynamometer Cybex.

RESULTS: After mat Pilates exercise for 8 weeks, there was a significant interaction between the MP and CON groups in back pain during daily activity and lower back stiffness ($p < .05$), respectively. There was also a significant interaction between the two groups in the left and right core stability at 45° , 90° , 135° , and 180° ($p < .05$, $p < .01$, $p < .001$), respectively. Additionally, there was a significant interaction between the two groups in the right knee and left knee isokinetic extensor muscle strength ($p < .05$, $p < .001$, respectively). However, there was no significant interaction between the two groups in trunk isokinetic extensor and flexor muscle strength (NS). There were no significant interactions between two groups in the muscle mass of total body, trunk, and legs (NS), respectively. Regarding basic physical fitness, there were significant interaction effects between the two groups in cardiovascular fitness, sagittal reach, and sit-ups ($p < .05$).

CONCLUSIONS: These results suggest that continued mat Pilates exercise can improve back pain and core stability with enhancement of leg isokinetic muscle strength independent of the muscle mass of the total body, trunk, and legs.

Key words: Healthy college female, Mat pilates exercise, Back pain, Core stability, Isokinetic muscle strength

서론

필라테스는 1920년대 Joseph Hubertus Pilates (1880-1967)에 의해 개발된 이후 우리나라를 포함하여 세계적으로 발전하고 있는 운동기법

이다[1]. 필라테스는 신체의 특정 부위를 사용한 연속적인 운동을 통하여 신체의 근력 및 지구성[2], 정적 및 동적 밸런스[3], 유연성[4] 등 다양한 운동 기능을 향상시키는 것으로 잘 알려져 있다. 119편의 논문에 대해 체계적 문헌고찰을 통하여 필라테스 운동의 정의에 대해 검토한 논

Corresponding author: Changsun Kim Tel +82-2-940-4507 Fax +82-2-940-4502 E-mail chang@dongduk.ac.kr

*This article was supported by the 2021 Dongduk Women's University grant.

Keywords 여대생, 매트 필라테스, 허리 통증, 코어 안정성, 등속성 근력

Received 3 Jul 2022 **Revised** 29 Jul 2022 **Accepted** 29 Jul 2022

© This is an Open Access article distributed 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.

문에서도, 필라테스는 근력과 코어 안정성, 유연성, 근육 조절, 자세, 호흡에 초점을 맞춘 심신 운동이라고 정의하고 있다[5]. 특히 필라테스는 강한 근수축의 반복을 통하여 신체 중심부 근육을 강화시켜 자세를 교정하고[6], 신체 중심 및 척주세움근(척주기립근, erector spinae muscle)의 안정화(stability)에 기여하며[7], 신체를 유연하고 균형 있게[8] 만드는 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 특히 척주세움근의 안정화는 요추 통증을 경감시키는 데 효과적이라는 것도 보고되고 있다[9,10].

이처럼 필라테스의 효과 중에서도 특히 주목받는 부분이 척주세움근을 포함한 운동 시 신체의 축이 되는 중심부, 즉 코어(Core)이다. 코어는 몸통의 중심 부분을 뜻하며, 척추의 안정화를 유지하는 척추와 골반, 엉덩이, 그리고 복부 근육들로 구성되어 있다[11]. 코어를 파워하우스(Power House)라고 하는데[12], 현대인들은 근력 약화와 자세의 불안정성(instability)으로 인하여 파워하우스의 이상을 초래하고, 이것에 기인한 척추 측만증 및 허리 통증 등으로 고통받고 있다[13-16]. 이를 해소하기 위하여 코어 강화를 목적으로 한 운동방법으로 필라테스를 비롯하여 요가[17] 및 TRX suspension [18] 등의 다양한 운동 방법들이 제시되고 있다. 최근 유산소, 근력, 유연성, 코어, 밸런스 훈련뿐만 아니라, 요가, 필라테스, 태극권 등의 운동이 성인의 만성 통증에 미치는 효과에 대해 체계적 문헌고찰을 실시한 코크란 리뷰(Cochrane Reviews)가 발표됐다[19]. 이 리뷰를 발표한 코크란 연합(Cochrane Collaboration)은 의료 개입에 대한 증거 기반(evidence-based)의 선택을 용이하게 하기 위해 설립된 영국의 국제 자선 단체로, 의료 전문가, 환자, 정책 입안자가 참여하여 다양한 건강관련 기준을 코크란 리뷰를 통하여 제시하고 있다. 이 논문에서는 필라테스와 관련한 381편(약 37,143명 대상자)의 논문을 대상으로 검토한 21편의 리뷰 논문들을 종합하고 있다. 분석 결과, 필라테스의 통증 강도와 장애에 대한 효과 크기(effect sizes)는 중간 정도로, 단 중기의 기간에 대한 중재 효과가 크지 않지만 그 근거가 일관되게 있다고 판단되나, 아직 명확한 결론이나 권고안을 내리기에는 정제된 데이터가 부족하다고 결론 맺고 있다. 이처럼 필라테스의 통증에 대한 개선 효과가 조금씩 밝혀지고 있지만, 필라테스의 코어 근기능 향상 효과와 그 기전에 대한 보다 다양한 근거를 필요로 하고 있다.

필라테스는 크게 캐딜락(Cadillac)과 스프링보드(Springboard), 리포머(Reformer) 등을 이용한 기구(apparatus) 필라테스와 간단한 소도구를 이용하여 매트(Mat) 위에서 실시하는 매트 필라테스로 나뉘어진다. 지금까지 캐딜락, 스프링보드와 같은 기구 필라테스 운동은 코어 근력 강화에 효과적이라는 것이 잘 알려져 있다. Loss et al. [20]은 캐딜락을 이용한 기구 필라테스 운동이 뭇갈래근(다열근, Multifidus)과 배바깥빗근(외복사근, abdominal external oblique muscle)의 활성 증가를 근전도 분석을 통하여 증명하면서, 기구 필라테스의 코어 강화 효과는 매우 크고, 잘만 이용한다면 자세 교정 및 근력 강화, 허리통증 개선에 효과가 있다고 보고하고 있다. 이처럼 기구 필라테스의 효과가 인정되

지만, 실제 현장에서는 고가의 기구 구입비 및 기구 운용비가 발생하고, 기구의 숫자가 제한적이라 일반인들이 접하기 어려운 점이 있다.

따라서 최근에는 고가의 기구를 사용하지 않고, 여러 사람이 동시에 운동이 가능한 매트 필라테스 운동이 대안으로 떠오르고 있으며, 이에 대한 연구도 진행 중이다. Bergamin et al. [21]의 연구에서는 12주간 매트 필라테스 운동 후 상체 및 하체, 복부 근력 증가에 효과적이었다고 보고하였으며, Kao et al. [22]은 12주간의 매트 필라테스는 여성의 근력과 몸통 유연성을 유의하게 향상시킨다고 보고하였다. 또한 Critchley et al. [23]도 매트 필라테스 운동의 Imprint position과 Hundred position을 했을 때 유의하게 배가로근의 활성을 증가시킨다고 보고하였다. Lee et al. [24]의 연구에서는 기구와 매트 필라테스 효과 차이를 검토하였는데, 주 3회, 8주간의 두 운동 모두 허리의 통증 정도를 유의하게 감소시키지만, 매트 필라테스가 더 큰 감소를 나타낸다고 보고하였다. 허리 통증 감소에는 상대적으로 부드러운 매트 필라테스가 효과적임을 시사하고 있다. 그러나 이와 같은 매트 필라테스에 의한 허리 통증 감소 효과가 코어 주위 근육량의 개선에 기인한 것인지? 아니면 근력과 같은 근 기능 개선에 의한 것인지? 이들은 코어의 안정화에는 어떠한 영향을 미치는지? 등은 불명확하며, 이들 효과를 통합하여 체계적으로 검토한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 20대 여대생을 대상으로 8주간 주 3회의 지속적인 매트 필라테스 운동을 실시하여 매트 필라테스 운동이 허리 통증 감소와 허리 부위의 근육량 및 등속성 근력, 코어 안정화에 미치는 효과를 종합적으로 검토하는 것을 목적으로 하였다.

연구 방법

1. 연구 대상 및 절차

본 연구의 대상자는 규칙적인 운동습관이 없는 여대생 총 20명을 모집하여, 각각 10명씩 매트 필라테스집단(MP, n=10)과 대조집단(CON, n=10)으로 나누었다. 실험 전 모든 대상자들에게 연구의 취지와 실험내용에 대하여 정확한 내용을 설명하고 자발적으로 실험 참여 동의를 받았다. 매트 필라테스는 하루 60분, 주 3일, 8주 동안 실시하였으며, 국제 필라테스 아카데미(Pilates Academy International, PAI, New York, USA) 프로그램 중에서 대상자의 특성에 맞춰 코어 안정성 및 근기능 개선을 위한 프로그램으로 수정하여 실시하였다[25]. 상세한 프로그램으로 5-10분간 가벼운 호흡과 스트레칭으로 Warm-up과 Cool down을 실시하였고, leg, pelvis, spine, abdominal, back, side 등의 주로 코어 관련된 부위를 중심으로 구분하여 본 운동을 40-50분간 실시하여, 총 50-60분간 실시하였다(Table 1). 각 컨텐트의 세트당 반복횟수는 10-15회로 하였으며, 1세트에서 시작하여 3세트로 점차 증가시켰으며, 세트 간 휴식시간을 10초로 설정하였다. 필라테스의 운동강도는

Table 1. Programs of mat pilates exercise during experimental period of 8 weeks

Variables (time)	Program	Contents	Exercise intensity (RPE)			
			1-2 weeks	3-6 weeks	7-8 weeks	
Warm up (5-10 min)	Breathing	Lateral breathing Spine articulation	8-10	9-10	9-12	
	Stabilization	Pelvis stabilization Spine stabilization				
	Massage	Foam roller massage				
Mat Pilates (40-50 min) Repetition & Set: 10-15 reps × 1-3 set. Rest: 10 sec between sets.	Legs, hips	Shoulder bridge	9-10	11-12	12-13	
	Spine articulation	Roll up	9-10	9-10	11-12	
		Abdominal	Single leg stretch	9-10	10-12	11-13
		Double leg stretch	NONE	10-12	11-13	
		Single straight leg stretch	10-11	11-12	12-14	
		Double straight leg stretch	NONE	11-12	12-14	
		Crisscross	10-12	12-14	14-15	
		Hundred	NONE	12-14	14-15	
		Spine balance	Rolling like a ball	9-10	10-11	11-13
		Teaser	NONE	10-12	12-14	
		Back (spine, hips, hamstring)	One / double leg kick	9-10	10-12	11-13
	Serratus anterior / arms (scapular stability)	Swimming	10-12	11-12	12-13	
		Rocking	NONE	NONE	12-14	
		Swan / swan dive	10-12	12-14	13-15	
		Push up	10-13	12-14	13-15	
		Leg pull front	NONE	12-14	14-15	
		Side (lats, arms, abdominal, hips)	Side band/ twist	NONE	12-14	14-16
			Leg pull side / leg lift side	10-12	11-12	13-14
	Side kick		10-12	12-14	13-15	
	Roll back / legs & hips (axial elongation)	Roller / jackknife	NONE	10-12	12-14	
		Scissors / bicycle		NONE	13-16	
		Spine	Spine stretch forward	9-10	9-10	9-10
			Spine twist / saw	9-10	10-11	11-12
Cool Down (5-10 min)	Back, pelvis massage	Mermaid	9-10	9-10	9-10	
		Foam roller	8-10	9-10	9-12	
	Breathing	Seated, lying				

RPE, rating of perceived exertion.

운동자각도(rating of Perceived Exertion, RPE)를 이용하여 점증 부하 하였으며[26], 1-2주는 RPE 8-10, 3-6주는 RPE 10-14, 7-8주는 RPE 11-16 강도를 목표로 진행하였다.

2. 측정방법

1) 신체구성 및 허리 통증

대상자의 체중, 체지방, 체질량지수는 생체전기저항법(bioelectrical impedance analysis)을 이용한 체성분분석기(In-Body 720, Bio-Space Co., Korea)로 측정하였다. 전신 및 다리, 허리 부위의 근육량을 측정하기 위하여 이중에너지X-레이흡수법(Dual energy X-ray absorptionmetry; DEXA 법)의 측정장비(DPX-L, LUNAR, USA)를 이용하여 측정하였다. 혈압은 자동 혈압계(HEM-7210, OMRON, Japan)를 이용하여 의자에 앉은 상태로 5분 이상 안정을 취한 후 측정하였다. Aoki et al. [27]

이 개발한 앉기, 서기, 움직이기 등 다양한 동작 시의 허리 통증을 평가하는 시각적 통증 척도(visual analogue scale, VAS)를 이용하여 평가하였다. 길이 10 cm의 평가표에 주관적으로 느끼는 통증 정도를 통증이 없는 상태를 0 cm로부터 시작하여 가장 심한 통증을 느끼는 정도를 10 cm로 하여 일정한 선을 긋게 하여 평가하였다. 모든 측정 변인은 동일한 방법으로 실험 전과 8주간의 실험 종료 후의 총 2회 측정하였다.

2) 기초 체력

총 6가지 기초 체력은 숙련된 측정 전문가에 의해 측정하였다. 근력은 배근력계(TKK-5402, TAKEI, Japan)와 악력계(TKK-5401, TAKEI, Japan)를 이용하여 측정하였다. 심폐지구력은 20 m 왕복 오래달리기를 측정하였고, 근지구력은 윗몸일으키기를 측정하였다. 근 파워는 멀리뛰기 측정기(SR-700, SEEDTEC, Korea)와 높이뛰기 측정기로 측정하

었다. 민첩성은 전신반응 측정기(TKK-1264, TAKEI, Japan)를 이용하여 빛 반응과 소리 반응을 측정하였고, 사이드 스텝(SR-500SI, SEEDTEC, Korea)을 측정하였다. 유연성은 체전굴과 체후굴, 전후개각, 좌우개각을 0.1 cm 단위로 측정하였다. 평형성은 눈감고 외발서기로 측정하였다.

3) 다리 및 허리 등속성 근력(Isokinetic muscular strength)

다리와 허리의 등속성 근력은 isokinetic dynamometer Cybex (Norm system 770, USA)를 이용하여 측정하였으며, 각속도 60°/sec, 3회 조건으로 각각 굽힘근 및 펴금근의 최대힘효율(peak torque, Nm)과 평균파워(average power, Watts)를 분석하였다. 측정 전 부상 방지를 위해 충분한 스트레칭을 실시하였으며, 무부하에서 2-3차례의 연습 후 실시하였다. 측정 시 상·하체의 움직임을 방지하기 위해 고정 벨트를 착용하여 측정하였다.

4) 코어 안정화(Core Stability)

코어 안정화 측정은 Centaur (BFMC, Germany)를 이용하여, 중립 자세인 0°를 포함하여 신체의 좌·우 각 4개 각도(45°, 90°, 135°, 180°)의 총 9개의 각도에서 측정하였다[26]. 측정 시 대상자가 편안한 상태를 유지할 수 있도록 발판 중심부에 서서 골반과 대퇴부위를 고정시키고 양손을 배꼽 앞으로 모으고 실시하였다. 또한, 측정하는 동안 배가로근을 수축시켜 기초 긴장을 유지하도록 하였으며 신체 중심축을 유지하도록 하였다. 신체를 중립으로서 있는 자세를 0°로 한 후, 좌측과 우측으로 45°, 90°, 135°, 180° 기울이는 동안의 몸통의 불수의적인 움직임을 측정하여 평가하였다.

3. 자료처리

연구를 통해 수집된 모든 자료는 윈도우용 통계 프로그램 SPSS 22.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 각 측정치에 대한 집단별 평균과 표준편차를 산출하였다. 평균값의 차의 검정을 위하여 반복측정에 의한 분산분석(Repeated measures two-way ANOVA)을 실시하였다. ANOVA검사 후 유의한 차이가 있는 경우, 시기 간에는 대응 표본 t-검정(paired samples t-test)을, 집단 간에는 독립 표본 t-검정(Independent samples t-test)을 통해 사후검사를 실시하였다. 각 요인 간의 상관관계 분석은 피어슨적률상관계수(Pearson's product moment correlation coefficient)를 이용하여 분석하였다. 모든 통계적 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 하였다.

연구 결과

1. 신체구성 및 허리 통증

8주간 매트 필라테스 운동 후의 신체구성 및 허리 통증의 변화는

Table 2와 같다. 신체구성에서는 모든 항목에서 집단과 시기 간의 상호작용효과는 나타나지 않았으나, 체지방률(%)은 MP 집단과 CON 집단 모두 시기 간에 유의하게 증가하였다($p < .01$).

시각적 통증 척도(VAS)는 단순 허리통증(Lower back pain)과 폭신한 소파에 앉았을 시의 허리통증(Pain during sitting on soft chair)에서는 상호작용효과는 나타나지 않았으나, 일상생활 시의 허리통증(Pain during daily activity)과 허리 강직도(Lower back stiffness)에서는 집단과 시기 간의 상호작용효과가 나타나($p < .05$), MP 집단에서만 유의하게 통증이 개선되는 것으로 나타났다.

2. 기초 체력

8주간 매트 필라테스 운동에 따른 6가지의 Basic Physical Fitness 변화를 측정한 결과, 심폐지구력의 20 m 왕복 오래달리기($p = .045$)와 유연성항목의 체전굴($p = .050$)과 전후개각($p = .008$), 근지구력 항목의 윗몸일으키기($p = .015$)에서 유의한 상호작용효과가 나타났다(Table 3). PM 집단의 배근력($p = .015$)과 악력($p = .036$), 민첩성의 빛반응($p = .000$) 이 시기 간에 유의하게 증가하였고, 근파워와 평형성 측정에서는 통계적 유의한 차이는 없었다.

3. 다리 및 허리 등속성 근력(Isokinetic Muscular Strength)

8주간 매트 필라테스 운동에 따른 등속성 근력 측정 결과, 다리 부위에서는 오른쪽 펴금근(PT-RE)과 왼쪽 굽힘근(PT-LF)에서 최대힘효율(Nm)과 평균파워(Watts) 모두 집단과 시기 간의 유의한 상호작용 효과를 나타냈다($p < .05$, $p < .01$) (Table 4). 허리 부위에서는 집단과 시기 간의 유의한 상호작용 효과는 나타나지 않았지만, 모든 항목에서 그룹 간에 유의한 차이가 있는 것을 확인하였다($p < .05$, $p < .001$).

4. 코어 안정화(Core Stability)

8주간 매트 필라테스 운동에 따른 코어 안정화 측정 결과, 중립 자세인 0°를 제외한 45°, 90°, 135°, 180° 모든 항목에서 집단과 시기 간에 유의한 상호작용 효과가 나타났다($p < .05$, $p < .01$, $p < .001$) (Table 5).

5. 전신 및 부위별 근육량 측정

8주간 매트 필라테스 운동에 따른 전신 및 다리, 허리 부위의 근육량에 있어서는 집단과 시기 간의 유의한 상호작용 효과는 나타나지 않았지만, 다리와 허리 부위의 근육량에서 그룹 간에 유의한 차이가 나타났다($p < .01$, $p < .001$) (Table 6).

6. 근육량과 등속성 근력, 코어 안정화의 상관관계

전신 및 다리, 허리 부위의 근육량은 체중 및 체지방률, BMI, 배근력, 악력(우), 체후굴과 정적 상관관계를 나타냈다($p < .05$, $p < .01$) (Table

Table 2. Change of physical characteristics and VAS levels between the two groups after experimental period of 8 weeks

Variables	Group	Before	After	Source	F	p
Height (cm)	CON	163.1±5.7	163.3±5.8	G	2.027	.192
	MP	159.1±9.2	159.0±9.2	T	.339	.577
				G×T	3.943	.082
Weight (kg)	CON	53.5±9.0	53.4±9.6	G	.011	.917
	MP	53.6±9.6	52.6±9.0	T	1.972	.198
				G×T	1.706	.228
%fat (%)	CON	24.6±4.8	27.1±4.8*	G	2.631	.143
	MP	27.7±5.0	30.6±3.9*	T	15.205	.005
				G×T	.302	.754
BMI (kg/m ²)	CON	20.2±2.2	20.1±2.4	G	.748	.412
	MP	21.3±2.5	21.0±2.4	T	1.613	.240
				G×T	.793	.399
SBP (mmHg)	CON	102.0±10.9	104.3±12.1	G	.181	.682
	MP	100.4±14.4	101.9±13.9	T	.504	.498
				G×T	.064	.807
DBP (mmHg)	CON	68.6±9.0	68.8±7.6	G	.174	.688
	MP	67.0±1.6	67.0±9.4	T	.004	.950
				G×T	.004	.949
VAS (10 point scale)						
Lower back pain	CON	4.37±2.40	4.48±2.72	G	8.689	.018
	MP	2.50±1.54	1.24±1.31	T	2.226	.174
				G×T	2.892	.127
Pain during daily activity	CON	3.92±2.08	3.53±2.36	G	5.436	.048
	MP	2.70±1.69	1.13±0.96*	T	4.447	.068
				G×T	7.467	.026
Lower back stiffness	CON	2.92±1.93	3.07±2.51	G	4.596	.064
	MP	0.67±0.76	0.34±0.50*	T	2.074	.188
				G×T	5.467	.046
Pain during sitting on soft chair	CON	2.69±1.85	3.39±2.53	G	2.429	.158
	MP	2.44±2.17	0.89±0.78*	T	2.188	.177
				G×T	3.910	.083

Values are means ± SD.

BMI, body mass index; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; VAS, visual analog scale; CON, non-exercise control; MP, mat pilates exercise group; Before, before-exercise period; After, after-exercise period; G, group; T, time; G×T, group×time; F, F-value; p, p-value.

*p < .05.

7). 또한, 전신 및 다리, 허리 부위의 근육량은 다리 및 허리의 등속성 근력과 정적 상관관계를 나타냈으나($p < .05, p < .01$), 모든 각도에서의 코어 안정화 값과는 상관관계가 없는 것으로 나타났다(NS).

논 의

본 연구에서 20대 여대생을 대상으로 8주간 주 3회의 지속적인 매트 필라테스 운동을 실시한 후 허리통증 관련한 조사(VAS) 결과, 단순 허리통증(Lower back pain)에서는 개선효과가 나타나지 않았지만, 일상생활 시의 허리통증(Pain during daily activity)과 허리 강직도(Lower back stiffness)가 유의하게 개선되는 것으로 나타났다($p < .05$). 이는 일상에서 자세를 기울여서 허리를 사용할 때에는 코어 안정화가 향상되

고 허리 통증이 개선된 것을 증명한 것이라고 생각되며, 코어 안정화와 허리 통증이 매우 관련성 높다는 것을 제시하고 있다고 생각된다. 코어 안정화의 중립 자세 0°는 몸을 기울이지 않고 똑바로 선 자세이고, 45°, 90°, 135°, 180°는 각각의 각도만큼 좌·우측으로 기울인 상태에서 안정화되는 정도를 평가한 것으로[28], 0°를 제외한 45°, 90°, 135°, 180° 모든 항목에서 유의한 개선 효과가 나타났다($p < .05, p < .01, p < .001$). 코어란 인체의 중심을 뜻 하는 용어로, 척추와 골반, 복부, 엉덩이 부위의 근육들이 작용하는 부위를 말한다[11]. 코어는 허리 부위의 안정성과 관련된 자세를 조절하여 전체적인 신체의 움직임 안정시키고 균형을 유지하는 중심적인 역할을 한다[29]. 따라서 코어 부위를 강화시켜 안정화시키게 되면, 움직임 시에 상지와 하지의 힘을 유기적으로 최대한 발휘시킬 수 있고, 인체 각 부위별의 협응성을 발달시켜서 복합 관

Table 3. Change of basic Physical Fitness between the two groups after experimental period of 8 weeks

Variables	Group	Before	After	Source	F	p
Cardiovascular endurance (times)						
Shuttle run	CON	25.44±10.71	21.78±13.32	G	.460	.517
	MP	25.00±8.11	28.11±10.66	T	.016	.904
				G×T	5.610	.045
Muscular strength (kg)						
Back strength	CON	66.11±1.37	67.78±8.197	G	.132	.721
	MP	64.67±16.79	73.67±16.90	T	7.341	.015
				G×T	3.470	.081
Hand grip	CON	25.01±2.48	25.73±2.01	G	.047	.832
	MP	23.48±6.99	26.26±7.09	T	5.258	.036
				G×T	1.814	.197
Muscular power (kg)						
Long jump	CON	147.67±24.05	144.56±27.89	G	.066	.801
	MP	149.11±26.12	149.22±27.84	T	.151	.702
				G×T	.175	.681
High jump	CON	33.00±4.41	33.33±5.0	G	.837	.374
	MP	30.89±4.59	31.22±6.91	T	.114	.740
				G×T	.000	1.000
Agility (sec)						
Light reactions	CON	0.38±0.08	0.33±0.06	G	.191	.668
	MP	0.37±0.05	0.31±0.02	T	32.357	.000
				G×T	.418	.527
Sound reactions	CON	0.30±0.08	0.32±0.07	G	.048	.830
	MP	0.30±0.04	0.32±0.04	T	1.896	.187
				G×T	.120	.733
Side step	CON	30.44±4.30	31.56±3.36	G	.046	.833
	MP	29.78±6.53	31.11±7.70	T	2.578	.128
				G×T	.021	.866
Flexibility (cm)						
Sit and reach	CON	16.92±9.39	17.27±8.99	G	1.905	.205
	MP	20.12±7.93	24.02±4.86*	T	10.203	.013
				G×T	5.292	.050
Back and reach	CON	56.42±7.27	54.64±9.16	G	.449	.512
	MP	51.85±1.87	53.83±9.45	T	.003	.955
				G×T	1.171	.295
Sagittal reach	CON	111.67±17.93	108.89±22.07	G	.354	.560
	MP	109.33±1.82	120.33±14.92*	T	3.259	.090
				G×T	9.151	.008
Frontal reach	CON	118.67±22.89	117.00±2.13	G	.012	.913
	MP	115.00±12.29	118.67±13.66	T	.238	.632
				G×T	1.695	.211
Balance (sec)						
Blind single leg stance	CON	21.18±16.48	18.76±23.17	G	1.313	.285
	MP	18.34±14.33	40.30±27.84	T	5.539	.046
				G×T	2.987	.122
Muscle endurance (times/min)						
Sit-up	CON	28.00±10.11	29.11±10.44	G	0.596	.451
	MP	22.22±10.66	28.11±11.25**	T	14.230	.002
				G×T	7.501	.015

Values are means ± SD.

CON, non-exercise control; MP, mat pilates exercise group; Before, before-exercise period; After, after-exercise period; G, group; T, time; G×T, group×time; F, F-value; p, p-value.

* $p < .05$; ** $p < .01$.

Table 4. Change of Isokinetic muscle strengths between the two groups after experimental period of 8 weeks

Variables	Group	Before	After	Source	F	p
Leg						
PT-RE (Nm)	CON	115.22±18.50	102.00±20.45**	G	4.477	.067
	MP	99.00±36.01	101.56±31.09	T	.859	.381
				G×T	1.839	.011
PT-RF (Nm)	CON	49.33±7.91	48.44±7.58	G	1.247	.296
	MP	45.56±15.18	5.11±14.95	T	.047	.835
				G×T	2.237	.173
PT-LE (Nm)	CON	109.89±16.65	101.11±18.03	G	7.470	.026
	MP	98.33±26.31	96.22±24.50	T	.835	.388
				G×T	1.880	.208
PT-LF (Nm)	CON	43.33±7.35	46.56±7.14	G	4.208	.074
	MP	41.44±13.50	48.22±15.50**	T	.250	.631
				G×T	3.623	.001
AV-RE (Watts)	CON	76.44±11.94	71.56±11.25*	G	.000	1.000
	MP	67.44±20.63	72.33±19.26*	T	.714	.423
				G×T	8.588	.019
AV-RF (Watts)	CON	37.44±5.41	37.22±5.02	G	.875	.377
	MP	34.44±12.64	36.78±11.11	T	.196	.670
				G×T	.778	.403
AV-LE (Watts)	CON	73.00±1.15	70.00±9.80	G	.026	.876
	MP	66.22±15.53	68.78±16.80	T	.068	.431
				G×T	3.306	.107
AV-LF (Watts)	CON	38.33±5.85	36.33±5.85	G	2.342	.164
	MP	30.67±10.17	36.56±12.65*	T	1.210	.303
				G×T	18.601	.003
Spine						
PT-E (Nm)	CON	110.67±26.48	121.22±33.50	G	8.944	.017
	MP	121.58±39.90	144.00±36.77	T	2.039	.191
				G×T	1.684	.231
PT-F (Nm)	CON	161.44±3.74	168.33±28.16	G	9.765	.014
	MP	145.11±33.52	161.11±39.06	T	.852	.383
				G×T	.986	.350
AV-E (Watts)	CON	40.00±9.79	44.44±12.69	G	7.352	.027
	MP	46.78±15.62	51.89±15.89	T	1.536	.250
				G×T	.039	.848
AV-F (Watts)	CON	49.22±12.81	55.00±12.21	G	37.696	.000
	MP	43.33±10.84	54.56±13.78	T	.381	.554
				G×T	3.475	.099

Values are means ± SD.

PT, peak torque; RE, right extensor; RF, right flexor; LE, left extensor; LF, left flexor; AV, average; E, extensor; F, flexor; CON, non-exercise control; MP, mat pilates exercise group; Before, before-exercise period; After, after-exercise period; G, group; T, time; G×T, group×time; F, F-value; p, p-value.

*p < .05; **p < .01.

절 주변의 안정성 및 가동 범위 증가에 역할을 한다[30]. 또한, 코어 안정화(core stability)는 허리와 복부, 골반 부위를 강화시키는 작용을 의미하는 것으로[31], 허리와 복부, 골반의 복합체 부위의 근력, 신경근 조절, 파워, 근지구력 등에 의하여 조절된다[32]. 따라서 코어 안정화를 강화시키는 운동은 이들 부위의 근력을 강화시키고, 이와 함께 몸통의 안정과 자세의 정렬, 균형능력을 증진시키는 운동이 되어야 한다[33]. 만성적 허리 통증환자들에 대한 일반 운동과 코어 안정화 운동

효과를 메타 분석을 통하여 분석한 연구에 있어서도 단기간의 코어 안정화 운동이 허리 통증을 더 효과적으로 개선시키는 것이 보고되고 있다[34]. 본 연구에서도 코어 부위의 다양한 근육들의 기능이 향상되면서 코어 부위를 안정화시키고, 이들 작용에 의하여 움직임 시의 통증이 개선되었을 것으로 사료된다.

코어의 안정화에는 척추 부위의 근육들 이외에도 골반, 복부, 엉덩이 부위의 다양한 근육들이 기여한다[11]. 본 연구에서 실시한 Centaur

Table 5. Change of core stability measured by Centaur between the two groups after experimental period of 8 weeks

Variables	Group	Before	After	Source	F	p
0° (KNm)	CON	60.64±11.35	56.84±8.95	G	.462	.516
	MP	63.82±8.67	70.58±13.92	T	4.073	.078
				G×T	1.288	.289
Left						
45° (KNm)	CON	52.52±6.44	49.19±7.00	G	1.336	.281
	MP	52.93±10.67	63.40±9.14*	T	4.814	.060
				G×T	6.436	.035
90° (KNm)	CON	49.22±5.49	49.44±3.84	G	12.298	.008
	MP	47.66±6.87	62.71±6.96**	T	8.002	.022
				G×T	15.367	.004
135° (KNm)	CON	47.34±6.40	46.01±4.69	G	23.437	.001
	MP	41.11±5.27	57.41±4.74***	T	2.920	.126
				G×T	28.830	.001
180° (KNm)	CON	41.58±8.47	42.50±6.37	G	13.602	.006
	MP	41.02±2.49	51.42±5.76***	T	2.194	.177
				G×T	7.615	.025
Right						
45° (KNm)	CON	51.14±7.36	49.02±11.48	G	2.598	.146
	MP	60.01±14.13	72.98±7.50*	T	17.802	.003
				G×T	9.030	.017
90° (KNm)	CON	51.36±6.37	46.44±17.61	G	11.716	.009
	MP	43.72±6.30	63.43±7.09***	T	1.139	.317
				G×T	12.022	.008
135° (KNm)	CON	42.00±5.35	44.84±3.27	G	72.933	.000
	MP	38.51±3.92	56.46±4.47***	T	5.150	.053
				G×T	118.618	.000
180° (KNm)	CON	40.27±7.46	41.62±7.63	G	12.852	.007
	MP	40.05±4.28	50.48±6.57***	T	2.454	.157
				G×T	7.452	.027

Values are means ± SD.

CON, non-exercise control; MP, mat pilates exercise group; Before, before-exercise period; After, after-exercise period; G, group; T, time; G×T, group×time; F, F-value; p, p-value.

* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

Table 6. Change of muscle mass measured by DEXA between the two groups after experimental period of 8 weeks

Variables	Group	Before	After	Source	F	p
Total muscle mass (kg)	CON	35.53±4.25	35.29±4.63	G	3.170	.113
	MP	32.94±4.71	32.57±4.71	T	1.827	.213
				G×T	.077	.789
Leg muscle mass (kg)	CON	12.52±1.87	11.75±1.84	G	33.150	.000
	MP	11.45±1.78	10.81±1.59	T	3.044	.119
				G×T	.679	.434
Trunk muscle mass (kg)	CON	16.35±2.56	17.08±2.32	G	20.220	.002
	MP	15.03±2.37	15.40±2.38	T	1.000	.219
				G×T	1.000	.417

Values are means ± SD.

CON, non-exercise control; MP, mat pilates exercise group; Before, before-exercise period; After, after-exercise period; G, group; T, time; G×T, group×time; F, F-value; p, p-value.

Table 7. The correlation between muscle mass and isokinetic muscle strengths, core stability

Variables	Muscle mass (kg)		
	Total	Trunk	Legs
Weight (kg)	.891**	.867**	.832**
%fat (%)	.612**	.639**	.482*
BMI (kg/m ²)	.651**	.656**	.546*
IMS Legs (Nm, Watts)			
PT-RE	.845**	.775**	.861**
PT-RF	.718**	.716**	.639**
PT-LE	.792**	.727**	.811**
PT-LF	.607**	.598**	.551*
AV-RE	.841**	.760**	.876**
AV-RF	.702**	.682**	.643**
AV-LE	.812**	.746**	.840**
AV-LF	.617**	.581*	.602**
IMS Spine (Nm, Watts)			
PT-F	.846**	.853**	.768**
PT-E	.568*	.576*	.492*
AV-F	.841**	.866**	.753**
Av-E	.597**	.607**	.508*
Back strength (kg)	.563*	.584*	0.467
R-Hand grip (kg)	.712**	.686**	.665**
Back and reach (cm)	.658**	.640**	.604**
Left core stability (KNm)			
0°	-0.324	-0.335	-0.288
45°	-0.215	-0.176	-0.255
90°	-0.170	-0.163	-0.194
135°	-0.205	-0.165	-0.223
180°	-0.023	0.023	-0.065
Right core stability (KNm)			
0°	-0.324	-0.335	-0.288
45°	0.325	0.304	0.316
90°	0.221	0.245	0.187
135°	0.115	0.171	0.058
180°	-0.022	0.026	-0.059

Values are means ± SD.

Total, total body; IMS, isokinetic muscle strengths; PT, peak torque; RE, right extensor; RF, right flexor; LE, left extensor; LF, left flexor; AV, average; E, extensor; F, flexor.

* $p < .05$; ** $p < .01$ significant level of correlation analysis.

라는 장비도, 직립한 상태에서 좌우로 신체를 기울일 때 3차원 공간에서의 직립자세를 유지하기 위한 주변 근육들의 통합 작용으로서의 코어 안정화를 평가하는 것이기 때문에[35,36], 척추세움근뿐만 아니라 척추 주위의 다양한 근육들이 작용하였을 것으로 예측된다. 따라서 안정화 작용에 근력의 영향을 좀 더 구체적으로 평가하기 위하여 우선 허리와 무릎 부위의 등속성 굽힘·펴기 최대힘효율을 평가하였다. 그 결과 허리의 굽힘·펴기 힘효율에 있어서는 일부 집단 간에 유의한 차이만 있을 뿐, 개선효과는 나타나지 않았지만(NS), 오른쪽 다리 펴기(PT-RE)와 왼쪽 다리 굽힘(PT-LF)에서 최대힘효율(Nm)과 평균파워

(Watts) 모두 유의한 상호작용 효과가 나타났다($p < .05, p < .01$). 아쉽게도 본 연구에서는 허리의 등속성 힘효율을 단순히 굽힘과 폼 동작에 서만 측정하였고, 골반이나 복부, 엉덩 관절 등의 주변 근육들의 근력은 평가하지 못하였기 때문에 주변 근육들의 기여 정도를 예측할 수 없다. 그러나 본 연구에서 측정된 일부 다리의 굽힘·펴기 최대 힘효율이 개선된 점($p < .05$)과 배근력에서 유의하지 않았지만($p = .08$) 매트필라테스 집단에서 증가 경향을 보이는 것으로부터 유추할 때 주변의 근육들의 기능 개선이 코어 안정화에 기여하고 있을 가능성이 예측되었다. 따라서 본 연구의 8주간의 매트필라테스 운동은 척추세움근과 같은 한 부위의 근육을 집중적으로 강화시키기 보다는 평소에 잘 사용하지 않던 주변 근육들을 골고루 발달시면서 코어 안정화에 기여하고 있을 가능성이 시사되었다. 실제로 본 연구에서 측정된 심폐지구력($p = .045$) 및 유연성($p = .050, p = .008$), 근지구력($p = .015$) 등의 기초체력에서도 개선 효과가 나타났다. 본 연구에서 적용한 매트필라테스는 저항 기구를 사용하지 않는 특성상 주로 스트레칭이나 유연성 동작이 많았으며, 각 동작별로 약 10회 또는 약 10초 정도로 동작을 반복하거나 자세를 유지하는 운동이 주를 이루었다. 이 때문에 최대 근력보다는 유연성과 지구력 항목과 같은 기초체력에서 유의하게 향상된 효과가 나타난 것으로 추측되며, 이러한 근 기능들이 복합적으로 작용하여 코어 안정화에 기여하고 있을 가능성이 시사되었다. 최근 리포머(reformer), 체어(chair), 래더 바렐(ladder barrel) 등의 기구를 이용하여, 10주간의 허리 안정성 운동과 엉덩관절 가동성 운동으로 나누어 필라테스 운동 효과를 검토한 연구에서는 두 집단 모두 만성 허리 통증 개선 및 허리 부위의 안정화를 향상시키며 두 운동 방법에 차이가 없음을 밝히고 있다[37]. 본 연구의 결과들은 8주간이라는 더 짧은 기간이지만, 허리 통증과 코어 안정화에 유의한 효과가 있었던 점으로 미루어 볼 때, 기구 필라테스 대응으로서 매트 필라테스의 유용성을 근거할 수 있을 것으로 판단된다.

한편, DEXA로 측정된 전신 및 다리의 근육량뿐만 아니라 몸통 부위의 근육량에 있어서도 개선효과는 나타나지 않았다. 즉, 본 연구에서 나타난 8주간의 매트 필라테스에 의한 코어안정화 효과는 근육량 개선에 의존하지 않고 독립적으로 코어 부위의 안정화에 기여하고 있는 것으로 추측된다. 선행 연구에 있어서도 척추세움근의 심부 근육 작용[38,39] 및 척추의 고유감각기능[40] 등 다양한 요인이 코어의 동적 안정화에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 또한, 본 연구에서 허리 부위의 등속성 최대 근력에서 개선 효과가 나타나지 않았던 것은, 4-6주 정도의 단기간의 트레이닝의 경우 근비대보다는 근신경계 향상에 의하여 근기능 개선이 나타난다고 알려진 바와 같이[41], 8주라는 제한된 기간의 영향이 있을 수 있다. 이러한 점들은 코어 안정화에 기여하는 다양한 요인 분석에 대한 추가 연구가 필요한 이유들이다.

한편, 전신 및 다리, 허리 부위의 근육량은 체중 및 체지방률, BMI

등과 정적 상관관계를 나타내 체적이 클수록 근육량이 많을 가능성을 시사하였으며, 또한 각 근육량은 배근력, 우측 악력, 체후굴 등의 기초체력을 포함한 다리 및 허리의 등속성 근력과 정적 상관관계를 나타내 근육이 잘 발달할수록 기초체력과 등속성 체력의 향상을 가져올 것으로 시사되었다. 그러나, 각 근육량과 모든 각도에서의 코어 안정화 값과는 상관관계가 없는 것으로 나타나, 근육량에 비의존적으로 코어 안정화가 이루어 지는 것을 뒷받침하는 것으로 생각되었다.

결론

본 연구에서는 20대 여대생을 대상으로 8주간의 매트필라테스 운동이 허리 통증 및 코어 안정화, 허리와 다리의 근육량, 등속성근력, 기초체력에 미치는 영향을 검토하였다. 그 결과, 일상생활할 때의 허리 통증, 허리강직도를 개선하고, 다양한 자세에 대한 코어 안정화를 향상시키는 것으로 밝혀졌다. 또한 오른쪽 다리 펴근과 왼쪽 다리 굽힘근에서 최대힘효율과 평균과워 모두 개선되었으며, 유연성과 근지구력도 유의하게 증가하였다. 이러한 결과들로부터 8주간의 지속적인 매트필라테스 운동은 근육량에 비의존적으로 코어 안정화를 향상시키며, 몸통을 기울여 허리를 사용할 때의 허리 통증을 경감시키는 작용을 하는 것으로 밝혀졌다. 또한, 이 때의 코어 안정화는 척추세움근과 같은 직접적인 큰 근육 보다는 주변 근육들의 기능 개선에 의하여 개선될 가능성이 시사되었다.

CONFLICT OF INTEREST

이 논문 작성에 있어서 어떠한 조직으로부터 재정을 포함한 일체의 지원을 받지 않았으며, 논문에 영향을 미칠 수 있는 어떠한 관계도 없음을 밝힌다.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceptualization: H Kim, C Kim; Data curation: H Kim; Formal analysis: H Kim, C Kim; Methodology: H Kim; Writing-original draft: H Kim, C Kim; Writing-review & editing: C Kim.

ORCID

Hyojin Kim <https://orcid.org/0000-0001-9676-6462>
Changsun Kim <https://orcid.org/0000-0003-4317-3609>

REFERENCES

1. Joseph EM, Simona C. Pilates and the "powerhouse"-II. *J Bodyw Mov Ther.* 2004;8(2):122-30.
2. Sekendiz B, Altun O, Korkusuz F, Akin S. Effects of pilates exercise on trunk strength, endurance and flexibility in sedentary adult females. *J Bodyw Mov Ther.* 2007;11(4):318-26.
3. Fitt S, Sturman J, McClain-Smith S. Effects of pilates based conditioning on strength, alignment, and range of motion in university ballet and modern dance majors. *Kinesiol Med Dance.* 1994;16(1):36-51.
4. Latey P. Updating the principles of the Pilates method -Part 2. *J Bodyw Mov Ther.* 2002;6(2):94-101.
5. Wells C, Kolt GS, Bialocerkowski A. Defining Pilates exercise: a systematic review. *Complement Ther Med.* 2012;20(4):253-62. doi: 10.1016/j.ctim.2012.02.005.
6. Herrington L, Davies R. The influence of Pilates training on the ability to contract the transversus abdominis muscle in asymptomatic individuals. *J Bodyw Mov Ther.* 2005;9(1):52-7.
7. Sekendiz B, Altun O, Korkusuz F, Akin S. Effects of pilates exercise on trunk strength, endurance and flexibility in sedentary adult females. *J Bodyw Mov Ther.* 2007;11(4):318-26.
8. Segal NA, Hein J, Basford JR. The effects of Pilates training on flexibility and body composition: an observational study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85(12):1977-81.
9. Geweniger V. Prevention of back pain with Pilates training: Finding a Healthy Balance. *Pflege Z.* 2002;55(10): 747-9.
10. Handa N, Yamamoto H, Tani T, Kawakami T, Takemasa R. The effect of trunk muscle exercises in patients over 40 years of age with chronic low back pain. *J Orthop Sci.* 2000;5(3):210-6.
11. Kendall FP, Mc Creary EK, Provance PG, Rodgers MM, Romani,WA. Muscles testing and function with posture and pain, 5th Ed. Baltimore: Lippincott Williams and Wilkins athletes. *Sports Med.* 2005;19(6):373-92.
12. Muscolino JE, Cipriani S. Pilates and the "powerhouse." *J Bodyw Mov Ther.* 2004;8(2):122-30.
13. Blum CL. Chiropractic and pilates therapy for the treatment of adult scoliosis. *J Manipulative Physiol Ther.* 2002;25(4):E3.
14. Johnson EG, Larsen A, Ozawa H, Wilson CA. The effects of pilates-based exercise on dynamic balance in healthy adults. *J Bodyw Mov Ther.* 2007;11(3):238-42.
15. Alves de Araujo ME, Bezerra da Silva E, Bragade Mello D, Cader SA,

- Shiguemi Inoue Salgado A, et al. The effectiveness of the Pilates method: reducing the degree of non-structural scoliosis, and improving flexibility and pain in female college students. *J Bodyw Mov The*. 2012;16(2):191-8.
16. Kofotolis N, Kellis E, Vlachopoulos SP, Gouitas I, Theodorakis Y. Effects of pilates and trunk strengthening exercises on health-related quality of life in women with chronic low back pain. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2016;21;29(4):649-59.
17. Kumar S, Prasad S, Balakrishnan B, Muthukumaraswamy K, Ganesan M. Effects of Isha Hatha Yoga on Core Stability and Standing Balance. *Adv Mind Body Med*. 2016;30(2):4-10.
18. Fong SS, Tam YT, Macfarlane DJ, Ng SS, Bae YH, et al. Core Muscle Activity during TRX Suspension Exercises with and without Kinesiology Taping in Adults with Chronic Low Back Pain: Implications for Rehabilitation. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2015:910168.
19. Geneen LJ, Moore RA, Clarke C, Martin D, Colvin LA, et al. Physical activity and exercise for chronic pain in adults: an overview of Cochrane Reviews. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017;24;4(4):CD011279. doi: 10.1002/14651858.CD011279.pub3
20. Loss JF, Melo MO, Rosa CH, Santos AB, La Torre M, et al. Electrical activity of external oblique and multifidus muscles during the hip flexion-extension exercise performed in the Cadillac with different adjustments of springs and individual positions. *Rev Bras Fisioter*. 2010;14(6):510-7.
21. Bergamin M, Gobbo S, Bullo V, Zanutto T, Vendramin B, et al. Effects of a Pilates exercise program on muscle strength, postural control and body composition: results from a pilot study in a group of post-menopausal women. *AGE*. 2015;37(6):118. doi: 10.1007/s11357-015-9852-3
22. Kao YH, Liou TH, Huang YC, Tsai YW, Wang KM. Effects of a 12-week Pilates course on lower limb muscle strength and trunk flexibility in women living in the community. *Health Care Women Int*. 2015;36(3):303-19.
23. 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.
24. Lee CW, Hyun J, Kim SG. Influence of pilates mat and apparatus exercises on pain and balance of businesswomen with chronic low back pain. *J Phys Ther Sci*. 2014;26(4):475-7.
25. Lee HL, Caguicla JM, Park SS, Kwak DJ, Won DY, et al. Effects of 8-week Pilates exercise program on menopausal symptoms and lumbar strength and flexibility in postmenopausal women. *J Exerc Rehabil*. 2016;12(3):247-51. doi: 10.12965/jer.1632630.315
26. Hyun AH, Cho JY. Effect of 8 weeks un-tact pilates home training on body composition, abdominal obesity, pelvic tilt and strength, back pain in overweight women after childbirth. *Exerc Sci*. 2021;30(1):61-9. DOI: <https://doi.org/10.15857/ksep.2021.30.1.61>
27. Sugiura S, Aoki Y, Toyooka T, Shiga T, Otsuki K, et al. Characteristics of low back pain in adolescent patients with early-stage spondylolysis evaluated using a detailed visual analogue Scale. *Spine*. 2015;40(1):E29-34.
28. Pfeifle C, Edel M, Schleifenbaum S, Kühnapfel A, Heyde CE. The reliability of a restraint sensor system for the computer-supported detection of spinal stabilizing muscle deficiencies. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020;21(1):597. doi: 10.1186/s12891-020-03597-4
29. Marshall PW, Murphy BA. Core stability exercise on and off a Swiss Ball. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86:242-9.
30. An SS, Ahn YD. The effects of core stability training on SFT physical fitness and balance ability in elderly women. *Korean J Sport Sci*. 2016;14(3):511-24.
31. Akuthota V, Ferreira A, Moore T, Fredericson M. Core stability exercise principles. *Curr Sports Med Rep*. 2008;7(1):39-44. doi: 10.1097/01.CSMR.0000308663.13278.69
32. Haynes W. Core stability and the unstable platform device. *J Bodyw Mov The*. 2004;8(2):88-103.
33. Huxel Bliven KC, Anderson BE. Core stability training for injury prevention. *Sports Health*. 2013;5(6):514-22. doi: 10.1177/1941738113481200
34. Wang XQ, Zheng JJ, Yu ZW. A metaanalysis of core stability exercise versus general exercise for chronic low back pain. *PLoS One*. 2012;7(12):e52082.
35. Anders C, Brose G, Hofmann GO, Scholle HC. Gender specific activation patterns of trunk muscles during whole body tilt. *Eur J Appl Physiol*. 2007;101(2):195-205. doi: 10.1007/s00421-007-0490-z.
36. Park JK, Kim DH. Beneficial effect on the early lumbar stabilization exercise after microdiscectomy. *J Spine*. 2009;6(1):6-10.
37. Park DE, Lim SK. Effects of lumbar stability and hip joint mobility Exercise with pilates devices on pain level and muscle-joint function in middle-aged women with chronic low back pain. *Exerc Sci*. 2021;30(4):547-55. <https://doi.org/10.15857/ksep.2021.00542>
38. Lorimer M, Paul WH. Deep and superficial fibers of the lumbar multifidus muscle are differentially active during voluntary arm move-

- ment. Spine. 2002;27:29-36.
39. Panjabi MM. The stabilizing of the spine. Part 1. function, dysfunction adaption and enhancement. J Spinal Disord. 1992;5:383-9.
40. Kim DH, Kim SS. The short term effect of early 3-dimension lumbar stabilization exercise after lumbar microdiscectomy. Korean J Sports Med. 2009;27(1):47-52.
41. Cho JH, An GO, Lee UY. The effect of 8 weeks regular resistance training on lumbar muscular strength, EMG, and gait in patients with chronic low back pain. A J Kinesiol. 2010;12(3):65-74.