

# Effects of Mat Pilates Exercise on Lower Extremity Function, Postural Balance, and Walking in the Older Women with Total Knee Arthroplasty

Wonjae Choi<sup>a</sup> 

<sup>a</sup>Department of Physical Therapy, Joongbu University, Republic of Korea

**Objective:** The rehabilitation protocols for functional recovery have been emphasized after total knee arthroplasty, and Pilates is in the spotlight as a safe and easily modified exercise method. The purpose of this study was to investigate the effects of mat Pilates exercise on lower extremity function, postural balance, and walking in the individuals with total knee arthroplasty.

**Design:** One group pretest-posttest design.

**Methods:** Eighteen older women with unilateral total knee arthroplasty was recruited in the study. The subjects were evaluated on lower extremity function, postural balance, and walking before and after mat Pilates exercise. All subject performed one hour mat Pilates exercise, 3 times a week for 8 weeks. Mat Pilates exercises were focused on core stability and lower extremity strengthening and, more dynamic movements were added to increase the difficulty of movements every two weeks. The lower extremity function was measured using the Western Ontario and McMaster Osteoarthritis Index (WOMAC), knee joint position sense, and five times sit-to-stand test. Postural balance was assessed by single leg stance test, functional reach test, and timed up and go test. Walking was measured by OptoGait system to temporospatial parameter.

**Results:** The lower extremity function, postural balance, and walking were significantly improved after mat Pilates exercise, except for five times sit-to-stand test ( $p < 0.05$ ).

**Conclusions:** This study demonstrated that the mat Pilates exercise was a useful method to improve lower extremity function, postural balance, and walking in the older women with unilateral total knee arthroplasty.

**Key Words:** Total knee arthroplasty, Pilates, Lower extremity, Postural balance, Walking

## 서론

무릎 뼈관절염은 노인에게 발생하는 대표적인 퇴행성 질환 중 하나로 단일유전자 증후군, 유전자 변이와 같은 유전적 요인과 비만, 외상, 작업환경과 같은 후천적 요인으로 모두 발생 가능하다[1]. 무릎 뼈관절염은 연령이 증가할수록 발병률도 증가하고 남성보다 여성에게 호발하며[2], 통증, 관절의 변형, 부종, 뻣뻣함 등의 증상으로 신체 기능의 소실을 가져올 수 있다[3, 4]. 대표적으로 관절의 고유수용성감각 손상, 다리 근력의 약화, 균형 능력의 감소, 보행 능력의 저하가 있다[5-7].

인공무릎관절전치환술(total knee arthroplasty, TKA)

은 무릎 뼈관절염 환자들이 보존적인 치료로 증상이 호전되지 않을 때 최종적으로 선택하는 외과적 중재 방법이다[8, 9]. 인공무릎관절전치환술은 관절 정렬 교정, 관절가동범위 증가, 통증 경감에 효과적인 것으로 알려져 왔으나, 무릎 절개에 따른 넵다리네갈래근의 약화, 보행 기능의 감소, 지속적인 무릎 불안정성이 문제로 남아있게 된다[10]. Levinger 등[7]의 연구에 따르면 인공무릎관절전치환술 후 다리의 고유수용성감각 손상과 무릎 펴는 근력의 근력 감소가 낙상의 위험을 증가시켰다고 보고하였다. 따라서 인공무릎관절전치환술 이후에도 지속적인 관리를 통해서 신체 기능을 향상시킬 필요가 있다.

필라테스는 19세기에 신체와 정신 사이에 균형, 운동

Received: Dec 19, 2022 Revised: Dec 22, 2022 Accepted: Dec 22, 2022

Corresponding author: Wonjae Choi (ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2232-6744>)

Department of Physical Therapy, Joongbu University,

201, Daehak-ro, Chubu-myeon, Geumsan-gun, Chungcheongnam-do, Republic of Korea

Tel: Fax: +82-41-750-6166 E-mail: sadman5@naver.com

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://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.  
Copyright © 2022 Korean Academy of Physical Therapy Rehabilitation Science

학습, 중심 안정화(core stability)를 목적으로 개발된 운동방법으로 조절(control), 정확성(precision), 호흡(breathing), 집중(concentration), 파워하우스(power house), 흐름성(flow movement)과 같은 6가지 기본 원칙을 갖는다[11]. 필라테스는 매트 필라테스와 기구 필라테스로 나뉘는데 매트 필라테스는 바닥위에서 자신의 몸무게를 저항으로 사용하여 운동할 수 있기 때문에 특별한 도구 없이 운동 할 수 있다[12]. 필라테스는 운동 방법에 따라 뇌졸중이나 다발성 경화증과 같은 신경계 손상 환자 뿐만 아니라[13, 14] 허리 통증이나 무릎 뼈관절염과 같은 근골격계 손상 환자에게도 널리 적용되고 있다[15, 16]. 인공무릎관절전치환술 후 재활 방법 중 하나로 필라테스는 환자들의 흥미를 유도하고 안전하게 적용할 수 있으며 개인에 맞춰 쉽게 운동 방법을 수정할 수 있다는 이점을 가지고 있다[17]. 하지만 Levine 등[18]이 인공무릎관절전치환술 후 1년간 재활 시기에 따른 필라테스 운동 프로그램을 제안하였지만, 그 효과를 객관적으로 평가하지 못했다. 따라서, 본 연구는 매트 필라테스 운동이 인공무릎관절전치환술을 받은 여성 노인의 다리 기능, 균형 및 보행에 미치는 영향을 알아보려고 한다.

## 연구 방법

### 연구대상자

본 연구는 단일집단 사전-사후 검사 설계로 서울 소재의 G 복지관과 M 복지관에 물리치료실과 광고 게시판에 모집 공고를 통해 대상자를 모집하였다. 선정기준은 65세 이상의 여성 노인, 한쪽 무릎에 인공무릎관절전치환술을 받은 지 6개월 이상 된 자, 독립적인 보행이 가능한 자로 하였다. 제외기준은 다리에 영향을 줄 수 있는 다른 근골격계 질환을 가진 자, 뇌졸중이나 파킨슨 병과 같은 중추신경계 손상 환자, 필라테스 운동을 이해하고 따라하기 어려운 인지 장애를 가진 자, 근력과 균형에 영향을 미칠 수 있는 약물 복용자로 하였다. 본 연구는 헬싱키 선언의 원칙을 준수하였고, 연구 대상자들에게 목적과 방법을 설명하고 동의를 얻어 수행하였다. 연구 진행 전 모든 대상자에게 운동 프로그램 참여 도중 원할 시 언제든지 철회가 가능함을 안내하였다.

### 연구절차

모집 공고를 통해 총 28명의 대상자가 모집되었으나 65세 미만인 자 2명, 남성 노인 3명, 독립적인 보행이 어려운 자 2명, 발목 골절을 경험한 자 1명, 뇌졸중 환

자 2명을 제외한 18명의 인공무릎관절전치환술을 받은 여성 노인이 본 연구에 참여하였다. 모든 대상자들은 필라테스 운동 프로그램에 참여하기 전·후로 다리 기능, 균형 및 보행을 평가하였다. 다리 기능을 평가하기 위해 웨스턴 온타리오와 맥마스터 대학교 관절염 지수(western ontario and macmaster universities arthritis index, WOMAC), 무릎관절의 고유수용성감각, 5회 앉았다 일어나기 검사를 실시하였다. 균형은 정적 균형으로 한발서기 검사, 기능적 팔 뻗기 검사를 시행하였고 동적 균형으로 일어나 걸어가기 검사를 실시하였다. 보행은 보행 분석 시스템을 사용하여 시공간 변수를 측정하였다. 사전 평가 이후 모든 대상자들은 8주간 주 3회 1시간씩 필라테스 운동 프로그램에 참여하였다.

## 중재방법

### 매트 필라테스 운동 프로그램

본 연구의 매트 필라테스 운동 프로그램은 Levine 등[18]에 의해 개발된 인공무릎관절전치환술 후 재활 필라테스 운동을 수정하여 설계하였다. 모든 운동의 목적은 중심화 안정과 다리 근육의 강화 운동 위주로 구성되었고 8주간 주 3회 1시간씩 매트 필라테스 운동 프로그램을 시행하였다. 운동을 시작하기 전·후로 준비운동과 마무리운동 각각 10분씩 수행하였고 본 운동으로 매트 필라테스 운동을 40분간 수행하였다. 준비 운동과 마무리 운동은 가벼운 전신 스트레칭으로 구성되었다. 매트 필라테스 운동은 바로 누운 자세, 옆드려 누운 자세, 옆으로 누운 자세, 네발기기 자세에서 수행하였고 2주 간격으로 운동의 난이도를 조정하기 위해 난이도가 높은 운동을 점차적으로 추가하여 적용하였다(Table 1).

## 측정도구

### 다리 기능

#### • 웨스턴 온타리오와 맥마스터 대학교 관절염 지수(WOMAC)

다리의 기능수준을 평가하기 위해 WOMAC을 사용하였다. WOMAC은 통증 5개 항목, 뻣뻣함 2개 항목, 신체 기능 17개 항목으로 구성되며 0~4점으로 평가되는 5점 척도 도구이다[19]. 통증은 다양한 자세와 움직임에 따른 통증의 정도를 평가하고 뻣뻣함은 아침이나 낮에 관절의 뻣뻣함을 평가하며 신체 기능은 다양한 일상생활 동작 중 수행의 어려움을 평가한다[20]. 총점은 96점으로 점수가 낮을수록 다리의 기능이 감소됨을 의미한다. WOMAC의 검사-재검사 신뢰도는 통증은 0.76 ~ 0.95, 뻣뻣함은 0.89 ~ 0.94, 신체 기능은 0.71 ~ 0.95로 나타났다[21].

**Table 1.** Mat Pilates exercise program for total knee arthroplasty.

Position	Exercise	Purposes
<b>1 ~ 2 weeks</b>		
<b>Supine</b>		
	Abdominal draw in	Core muscles stabilization
	Dead bugs	Core muscles stabilization
<b>Side-lying</b>		
	Single leg lift	Hip abductor muscles strengthening
	Single leg circle	Hip abductor muscles strengthening
	Inner thigh lift	Hip adductor muscles strengthening
<b>Prone</b>		
	Alternative leg lift	Hip extensor muscles strengthening
	Single leg kick	Hip extensor & knee flexor muscles strengthening
<b>Sitting</b>		
	Spine twist	Spine stretching
	Spine stretch forward	Spine stretching
<b>3 ~ 4 weeks</b>		
<b>All previous exercise</b>		
<b>Supine</b>		
	1/2 roll up	Rectus abdominis strengthening
	Single leg stretch	Oblique abdominis strengthening
<b>Side-lying</b>		
	Side kick	Hip flexor, extensor, & abductor muscles strengthening
	Variated side kick	Hip flexor & extensor muscles strengthening Ankle dorsi & plantar flexor muscles strengthening
	Inner thigh circle	Hip adductor muscles strengthening
<b>Prone</b>		
	Double leg kicks	Hip extensor & knee flexor muscles strengthening Lower limb extensor muscles strengthening
<b>Sitting</b>		
	Saw	Spine stretching
<b>Quadruped</b>		
	Opposite arm and leg	Core & shoulder girdle stabilization Hip extensor muscles strengthening
<b>5 ~ 6 weeks</b>		
<b>All previous exercise</b>		
<b>Supine</b>		
	Criss cross	Oblique abdominis strengthening
	Double leg stretch	Rectus abdominis strengthening
	Bridge with arm crossed	Hip & knee extensor muscles strengthening
<b>Side-lying</b>		
	Side bridge	Core stabilization Hip abductor muscles strengthening
<b>Prone</b>		
	Superman	Whole body extensor muscles strengthening

Table 1. Mat Pilates exercise program for total knee arthroplasty

(continued)

Position	Exercise	Purposes
7 ~ 8 weeks		
All previous exercise		
Supine		
	Alternative bridge	Alternative hip & knee extensor muscles strengthening
Side-lying		
	Side bridge with hip abduction	Core stabilization Both hip abductor muscles strengthening
Quadruped		
	Prone bridge	Core muscles strengthening Shoulder girdle stabilization
	Prone bridge with hip extension	Core muscles strengthening Shoulder girdle stabilization Hip abductor & extensor muscles strengthening

- 고유수용성감각(proprioception)

고유수용성감각을 평가하기 위해 무릎 관절의 위치 감각을 디지털 듀얼 경사계(Dualer IQTM, J-TECH medical, USA)를 사용하여 측정하였다[22]. 디지털 듀얼 경사계는 2개의 유닛으로 구성되며 전선으로 연결되어 있어 하나의 유닛은 고정시키고 다른 하나의 유닛은 움직이는 관절의 각도를 측정할 수 있다. 검사자는 디지털 듀얼 경사계를 대상자의 넓다리뼈(고정 유닛)와 정강이뼈(측정 유닛)에 위치시킨다. 대상자는 엉덩관절과 무릎관절이 90°가 되며 다리가 공중에 떠 있을 수 있는 높이 조절이 가능한 테이블에 앉아 있고 검사자는 무릎이 20°, 30°, 40°, 50°, 60° 중 무작위로 굽힘시켜 5초간 유지한 후 다시 제자리로 돌아와 5초간 휴식을 취하고 다시 목표 지점으로 무릎 관절을 굽힘시키도록 하여 발생하는 오차를 측정하였다[23]. 디지털 듀얼 경사계로 관절 위치 감각 평가 시 검사-재검사 신뢰도는 0.77로 높은 신뢰도를 갖는다[24].

- 5회 앉았다 일어나기 검사(five times sit-to-stand test)

5회 앉았다 일어나기 검사는 45 cm 높이의 의자에 대상자가 앉아 있는 상태에서 5회 반복해서 일어났다 앉기까지 걸린 시간을 측정하는 평가도구이다[25]. 5회 앉았다 일어나기 검사 수행 시 대상자가 팔을 사용하지 않도록 가슴 앞에 교차하여 두고 완전히 일어났다 앉도록 하였다. 대상자는 최대한 빨리 앉았다 일어나도록 교육하였으며 총 2회 측정하여 가장 빠른 시도를 기록하였다[26]. 5회 앉았다 일어나기 검사는 검사-재검사 신뢰도가 0.96으로 높은 신뢰도를 가지고 있다[27].

### 균형 능력

- 한발 서기 검사(single leg stance test)

한발 서기 검사는 균형을 측정하기 위한 방법으로 한 발로 서 있는 시간을 측정하였다. 대상자는 한발로 서 있는 동안 팔로 보상하는 것을 방지하기 위해 가슴 앞으로 손을 교차하여 위치시켰다. 만약 들고 있던 다리가 바닥에 닿거나 서 있는 다리의 발의 위치가 변경되거나 들고 있는 다리로 서 있는 다리에 접촉시키거나 가슴 앞에 교차해둔 팔이 풀리면 검사를 중지하였다[28]. 총 2회 시도하여 가장 오래 서있는 시간을 기록하였다. 한발 서기 검사의 검사-재검사 신뢰도는 0.72로 높게 나타났다[27].

- 기능적 팔뻗기 검사(functional reach test)

기능적 팔뻗기 검사는 대상자가 서 있는 자세에서 발의 위치 변화 없이 전방으로 얼마나 팔을 뻗을 수 있는지 길이는 측정하는 검사방법이다. 검사의 시작 자세는 대상자는 우세손의 어깨관절을 90° 굽힘시키고 주먹을 쥐 상태로 서 있다. 이후 대상자는 균형을 잃지 않고 최대한 손을 멀리 뻗게 하여 3초간 유지할 수 있는 길이를 측정한다. 이때 앞으로 뻗은 우세손의 주먹을 피거나 옆에 둔 비우세손이 움직이거나 뒤꿈치가 바닥에서 떨어지지 않도록 한다[29]. 총 3회 시도하여 평균값을 사용하였다. 기능적 팔뻗기 검사의 평가자간 신뢰도와 평가자내 신뢰도는 0.68로 보고되었다[29].

- 일어나 걸어가기 검사(timed up and go test)

일어나 걸어가기 검사는 대상자가 의자 앉은 상태에서 3 m를 걸어 갔다 돌아와서 앉기까지 소요되는 시간을 측

정하는 검사방법이다[30]. 대상자는 47 cm 높이의 의자에 등을 붙이고 앉아 있도록 한다. 검사자의 출발하세요의 구령에 따라 3 m 거리에 있는 마커까지 걸어갔다 돌아와서 엉덩이가 의자에 닿는 순간까지의 시간을 측정하였다[31]. 총 3회 측정하여 평균값을 사용하였다. 일어나 걸어가기 검사의 검사-재검사 신뢰도는 0.94로 높게 나타났다[27].

**보행 능력**

• 보행 분석 장비(gait analysis device)

보행의 시공간 변수를 측정하기 위해 보행 분석 시스템(OptoGait, Microgate, Italy)을 사용하였다. 보행 분석 시스템은 1 m 길이의 송·수신 바(bar) 한 쌍에 96개의 LED센서가 1 cm간격으로 배치되어 있으며 한 쌍의 바 사이를 걸어갈 때 대상자의 시공간적 변수를 측정하게 된다[32]. 본 연구에서는 4 쌍의 바를 3 m 간격을 두고 설치하여 그 사이를 대상자가 걸어가도록 지시하였다. 보행 중 가속과 감속 구간을 고려하여 총 10 m의 길이의 중간에 보행 분석 시스템을 설치하여 측정하였다. 보행 분석 시스템의 검사-재검사 신뢰도는 0.78 ~ 0.95로 높은 신뢰도를 가지고 있다[33].

**자료분석**

본 연구는 SPSS 통계프로그램(ver. 21.0, IBM Co., USA)을 사용하여 모든 자료를 분석하였다. 정규성 검정을 위해 Shapiro-Wilk 검정을 사용하였으며 모든 자료는 정규 분포하여 평균과 표준편차로 결과를 제시하였다.

매트 필라테스 운동 프로그램에 따른 다리 기능, 균형 및 보행의 전·후 변화를 비교하기 위해 대응 t검정을 사용하였다. 모든 통계학적 유의수준은 0.05로 설정하였다.

**연구결과**

본 연구에서 분석된 대상자는 총 18명으로 평균 나이는 78.67세, 키는 151.94 cm, 몸무게는 55 kg, 체질량지수는 24.12 kg/m<sup>2</sup>이었다(Table 2).

매트 필라테스 운동 프로그램을 수행하기 전과 후의 다리 기능을 평가한 결과, WOMAC과 관절의 위치 감각은 유의하게 향상되었으나(p < 0.05), 5회 앉았다 일어나기 검사는 유의한 차이가 없었다(p > 0.05). 균형은 한발 서기 검사, 기능적 팔뚝기 검사, 일어나 걸어가기 검사 모두 유의한 향상을 보였다(p < 0.05). 시공간 보행 변수로 측정된 보행 속도(speed), 분속수(cadence), 한발 짝 길이(step), 한걸음 길이(stride)가 모두 유의한 차이를 보였다(p < 0.05)(Table 3).

**Table 2.** The general characteristics of subjects.

Variables	Subjects (n = 18)
Age (years)	78.67 ± 6.18
Height (cm)	151.94 ± 5.04
Weight (kg)	55.71 ± 5.82
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	24.12 ± 2.10

Values are presented as mean ± SD.

**Table 3.** Changes of lower extremity function, postural balance, and waking in the subjects.

Variables	Pre-test (n=18)	Post-test (n=18)	t(p)
<b>Lower extremity function</b>			
WOMAC (points)	33.61 ± 16.32	23.22 ± 15.69	2.735 (0.014)
Position errors			
TKA knee (°)	5.88 ± 2.98	1.75 ± 1.69	5.179 (<0.001)
Sound knee (°)	4.19 ± 2.52	1.55 ± 0.95	4.486 (<0.001)
5 Sit to stand test (s)	9.93 ± 2.87	9.87 ± 2.41	0.179 (0.860)
<b>Postural balance</b>			
Single leg stance test (s)	6.50 ± 5.40	10.22 ± 8.41	-3.299 (0.004)
Functional reach test (cm)	28.30 ± 5.44	30.96 ± 5.78	-3.886 (0.001)
Timed up and go test (s)	10.59 ± 2.27	9.30 ± 1.98	4.027 (0.001)
<b>Walking</b>			
Speed (m/s)	1.12 ± 0.23	1.34 ± 0.31	-3.165 (0.006)
Cadence (step/min)	93.68 ± 17.14	78.07 ± 16.83	4.310 (<0.001)
Step (cm)	60.59 ± 9.50	79.35 ± 11.96	-8.467 (<0.001)
Stride (cm)	121.36 ± 20.32	167.57 ± 33.34	-7.883 (<0.001)

WOMAC: Western Ontario and McMaster Universities, TKA: total knee arthroplasty.

Values are presented as mean ± SD.

## 고찰

본 연구는 매트 필라테스 운동이 한쪽 무릎에 인공관절전치환술을 받은 여성 노인의 다리 기능, 균형 및 보행을 향상시키기 위해 유용한 운동이라는 것을 발견하였다. 무릎 인공관절전치환술을 받은 노인의 재활을 위해 냉치료나 신경근육전기자극과 같은 물리적인 치료와 저항운동 및 균형과 보행을 향상시키기 위한 기능적 훈련들이 요구되나 개인이 수행하기에는 제한적이다[34]. 매트 필라테스 운동은 별도의 기구가 없어도 개인의 체중을 저항으로 사용하고 운동 방법을 다양하게 변형하여 적용할 수 있기 때문에 운동에 대한 흥미를 유지할 수 있다는 장점을 가지고 있다[18].

필라테스는 중심 안정화를 목적으로 하기 때문에 모든 동작들이 코어 근육(core muscle)의 수축을 동반하여 근골격계 질환의 통증 감소와 균형 및 신체 기능 개선에 도움이 되는 재활 프로그램 중 하나로 사용되고 있다[11, 35]. 중심 안정화는 기능적인 활동 중 팔다리의 힘을 최적으로 생산, 전달, 제어할 수 있도록 몸통의 위치와 움직임을 제어하는 능력으로[36] 무릎 뼈관절염을 가진 사람들은 정상인에 비해 코어 근육이 더 약화되어 있기 때문에 코어 근육의 강화를 통한 중심 안정화가 필요하다[37]. Batray 등[38]의 연구에서는 8주간 주 3회 매트 필라테스 운동을 만성허리통증 여성에게 적용했을 때 통증의 감소, 허리통증 장애 지수의 감소, 배근육과 허리뒤틀림의 두께 증가를 보고하였고, Karimi 등[39]의 연구에서도 8주간 주 3회 매트 필라테스 운동을 무릎 뼈관절염 여성에게 적용했을 때 균형, 무릎의 관절가동범위 및 WOMAC의 유의한 향상을 보고하였다. 본 연구에서도 매트 필라테스 운동은 코어 근육, 엉덩관절 주변 근육, 다리 근육을 강화하기 위한 운동들을 주차별로 점차 난이도를 높여 진행하였기 때문에 코어 근육과 다리 근육의 강화를 유도할 수 있었다. 특히, 엉덩이들기(bridge) 운동과 같은 닫힌 사슬 운동은 무릎의 고유수용성 감각을 향상시킬 수 있고[40], 엉덩관절 주변근육의 강화는 무릎 뼈관절염 환자의 무릎 통증 및 신체 기능 개선에 유의한 효과가 있기 때문에 본 연구의 매트 필라테스 운동은 WOMAC과 무릎관절의 고유수용성감각을 향상시킬 수 있었던 것으로 사료된다[41]. 하지만 5회 앉았다 일어나기 검사는 유의한 차이가 없었다. 건강한 노인에게 비해 무릎 뼈관절염을 가진 노인들은 앉았다 일어서기 과제를 수행하는 동안 무릎에 가해지는 부하를 최소화하기 위해 넙다리내갈래근육의 근활성도는 낮고 넙다리뒤근육의 근활성도가 높게 나타난다[42]. 본 연구에서 수행한 매트 필라테스 운동은 다리의 근력을 강화하는 동작은 있었지만 직접적으로 앉았다

일어나기 과제와 유사한 동작은 없었기 때문에 패턴을 변화시키지는 못했던 것으로 사료된다.

균형은 노인에게 낙상을 예방하기 위해 가장 중요한 요소 중 하나로 여성 노인이 남성 노인에 비해 3배 이상 낙상 경험이 높다[43]. 무릎 인공관절전치환술을 받은 사람은 엉덩관절과 무릎관절 주변 근육의 약화가 두드러지게 발생하고 기능적인 수행력과 균형의 저하가 발생하게 된다[44]. Carpes 등[45]은 균형을 향상시키기 위해서는 코어 근육과 엉덩관절 주변 근육의 강화가 중요하다라는 것을 증명하였고, Karaman 등[44]은 무릎 인공관절전치환술 후 6주간의 매트 필라테스 운동이 균형의 향상에 효과적임을 보고하였다. 본 연구의 매트 필라테스 운동도 코어 근육과 엉덩관절 주변 근육의 강화를 위한 운동들로 구성되어 있으며 무릎관절의 고유수용성 감각의 향상은 균형을 향상시키는데 영향을 미쳤을 것이다[46].

보행에 영향을 미치는 요인은 근력, 고유수용성감각, 균형과 같이 다양하다. 한쪽 무릎에 인공무릎관절전치환술을 받은 사람들은 보행 시 수술한 무릎으로 부하를 적게 받기 위해 한발짝(step) 길이가 짧아지고 수술하지 않은 무릎에 부하를 더 많이 주어 퇴행성 관절염을 더욱 유발하게 된다[8]. 무릎 뼈관절염을 가지고 있는 사람도 동일한 비정상적인 보행 패턴을 보이며 이는 무릎의 불안정성에 기인한다[47]. 본 연구에서 매트 필라테스 운동이 다리의 근력을 증가시켜 무릎의 안정성을 향상시키고 균형의 향상으로 인해 디딤기의 안정성을 높여 한발짝 길이를 증가시킬 수 있었던 것으로 사료된다. 양다리 차기(Double leg kicks)와 슈퍼맨(superman) 동작은 다리의 펌근을 전체적으로 강화시키기 때문에 보행의 추진력을 향상시켜 보행 속도를 증가시킬 수 있을 것이다. 결국 한발짝 길이와 보행 속도 증가, 분속수 감소는 보행의 질적 향상을 의미하는 것으로 여겨진다. Do와 Yim[28]의 연구에서도 인공무릎관절치환술 후 엉덩관절 주변 근력강화 운동이 신체 기능과 보행을 유익하게 향상시켰기 때문에 본 연구를 뒷받침해줄 수 있다.

본 연구의 제한점은 매트 필라테스 운동에 따른 코어 근육이나 다리의 근력 변화를 직접적으로 측정하지 못했기 때문에 선행 연구를 바탕으로 코어 근육의 근력이나 다리 근육의 근력이 향상되었을 것으로 예측할 수밖에 없었다. 그리고 본 연구에서 수행된 매트 필라테스 운동이 다양한 동작으로 구성되어 있기 때문에 개별 운동에 따른 효과를 국소화하여 제시하기는 어렵다. 마지막으로 별도의 대조군을 두지 못했기 때문에 인공관절전치환술 후 시행하는 일반적인 근력강화 운동과 필라테스의 비교가 어려웠다.

## 결론

본 연구의 결과를 토대로 매트 필라테스 운동이 무릎 인공관절전치환술을 받은 여성노인의 다리 기능, 균형 및 보행에 효과적인 운동방법임을 확인하였다. 임상적으로 무릎 인공관절전치환술 이후 초기에 통증으로 인해 운동을 피하려는 경향을 보이기 때문에 매트 필라테스 운동을 가벼운 강도로 수행한다면 초기 재활로 유용할 뿐만 아니라 매트 필라테스 운동은 특별한 기구 없이 개인의 체중을 저항으로 이용하기 때문에 가정운동으로도 활용성이 높을 것이다.

## 감사의 글

본 연구에서 필라테스 운동 프로그램의 구성을 위해 조언해 주신 주영란 선생님과 축정을 도와준 이유민, 조효민, 한수민 선생님에게 감사의 마음을 전합니다.

## References

- Hussain SM, Neilly DW, Baliga S, Patil S, Meek R. Knee osteoarthritis: a review of management options. *Scott Med J*. 2016;61:7-16.
- Busija L, Bridgett L, Williams SR, Osborne RH, Buchbinder R, March L, et al. Osteoarthritis. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2010;24:757-68.
- de Lima F, Melo G, Fernandes DA, Santos GM, Rosa Neto F. Effects of total knee arthroplasty for primary knee osteoarthritis on postural balance: A systematic review. *Gait Posture*. 2021;89:139-60.
- Brismée JM, Paige RL, Chyu MC, Boatright JD, Hagar JM, McCaleb JA, et al. Group and home-based tai chi in elderly subjects with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil*. 2007;21:99-111.
- Knoop J, Steultjens MP, van der Leeden M, van der Esch M, Thorstensson CA, Roorda LD, et al. Proprioception in knee osteoarthritis: a narrative review. *Osteoarthritis Cartilage*. 2011;19:381-8.
- Mills K, Hunt MA, Ferber R. Biomechanical deviations during level walking associated with knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2013;65:1643-65.
- Levinger P, Menz HB, Wee E, Feller JA, Bartlett JR, Bergman NR. Physiological risk factors for falls in people with knee osteoarthritis before and early after knee replacement surgery. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2011;19:1082-9.
- Alnahdi AH, Zeni JA, Snyder-Mackler L. Gait after unilateral total knee arthroplasty: frontal plane analysis. *J Orthop Res*. 2011;29:647-52.
- Suh MJ, Kim BR, Kim SR, Han EY, Nam KW, Lee SY, et al. Bilateral Quadriceps Muscle Strength and Pain Correlate With Gait Speed and Gait Endurance Early After Unilateral Total Knee Arthroplasty: A Cross-sectional Study. *Am J Phys Med Rehabil*. 2019;98:897-905.
- Noble PC, Gordon MJ, Weiss JM, Reddix RN, Conditt MA, Mathis KB. Does total knee replacement restore normal knee function? *Clin Orthop Relat Res*. 2005:157-65.
- Byrnes K, Wu PJ, Whillier S. Is Pilates an effective rehabilitation tool? A systematic review. *J Bodyw Mov Ther*. 2018;22:192-202.
- da Luz MA, Jr., Costa LO, Fuhro FF, Manzoni AC, Oliveira NT, Cabral CM. Effectiveness of mat Pilates or equipment-based Pilates exercises in patients with chronic nonspecific low back pain: a randomized controlled trial. *Phys Ther*. 2014;94:623-31.
- Shea S, Moriello G. Feasibility and outcomes of a classical Pilates program on lower extremity strength, posture, balance, gait, and quality of life in someone with impairments due to a stroke. *J Bodyw Mov Ther*. 2014;18:332-60.
- Rodríguez-Fuentes G, Silveira-Pereira L, Ferradáns-Rodríguez P, Campo-Prieto P. Therapeutic Effects of the Pilates Method in Patients with Multiple Sclerosis: A Systematic Review. *J Clin Med*. 2022;11.
- de Oliveira NTB, Ricci NA, Dos Santos Franco YR, Salvador E, Almeida ICB, Cabral CMN. Effectiveness of the Pilates method versus aerobic exercises in the treatment of older adults with chronic low back pain: a randomized controlled trial protocol. *BMC Musculoskelet Disord*. 2019;20:250.
- Raposo F, Ramos M, Lúcia Cruz A. Effects of exercise on knee osteoarthritis: A systematic review. *Musculoskeletal Care*. 2021;19:399-435.

17. Levine B, Kaplanek B, Scafura D, Jaffe WL. Rehabilitation after total hip and knee arthroplasty: a new regimen using Pilates training. *Bull NYU Hosp Jt Dis.* 2007;65:120-5.
18. Levine B, Kaplanek B, Jaffe WL. Pilates training for use in rehabilitation after total hip and knee arthroplasty: a preliminary report. *Clin Orthop Relat Res.* 2009;467:1468-75.
19. Kaya Mutlu E, Ercin E, Razak Ozdicler A, Ones N. A comparison of two manual physical therapy approaches and electrotherapy modalities for patients with knee osteoarthritis: A randomized three arm clinical trial. *Physiother Theory Pract.* 2018;34:600-12.
20. Collins NJ, Misra D, Felson DT, Crossley KM, Roos EM. Measures of knee function: International Knee Documentation Committee (IKDC) Subjective Knee Evaluation Form, Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS), Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score Physical Function Short Form (KOOS-PS), Knee Outcome Survey Activities of Daily Living Scale (KOS-ADL), Lysholm Knee Scoring Scale, Oxford Knee Score (OKS), Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC), Activity Rating Scale (ARS), and Tegner Activity Score (TAS). *Arthritis Care Res (Hoboken).* 2011;63 Suppl 11:S208-28.
21. Ko T, Kim S, Lee J. Reliability and Validity of the Korean Western Ontario and McMaster Universities (WOMAC) Osteoarthritis Index in Patients with Osteoarthritis of the Knee. *JORM.* 2009;19:251-60.
22. Lee H, Kim H, Ahn M, You Y. Effects of proprioception training with exercise imagery on balance ability of stroke patients. *J Phys Ther Sci.* 2015;27:1-4.
23. Cho YR, Hong BY, Lim SH, Kim HW, Ko YJ, Im SA, et al. Effects of joint effusion on proprioception in patients with knee osteoarthritis: a single-blind, randomized controlled clinical trial. *Osteoarthritis Cartilage.* 2011;19:22-8.
24. Suner-Keklik S, Cobanoglu-Seven G, Kafa N, Ugurlu M, Guzel NA. The Validity and Reliability of Knee Proprioception Measurement Performed With Inclinometer in Different Positions. *J Sport Rehabil.* 2017;26.
25. Mentiplay BF, Clark RA, Bower KJ, Williams G, Pua YH. Five times sit-to-stand following stroke: Relationship with strength and balance. *Gait Posture.* 2020;78:35-9.
26. Esbjörnsson AC, Naili JE. Functional movement compensations persist in individuals with hip osteoarthritis performing the five times sit-to-stand test 1 year after total hip arthroplasty. *J Orthop Surg Res.* 2020;15:151.
27. Sarac DC, Unver B, Karatosun V. Validity and reliability of performance tests as balance measures in patients with total knee arthroplasty. *Knee Surg Relat Res.* 2022;34:11.
28. Do K, Yim J. Effects of Muscle Strengthening around the Hip on Pain, Physical Function, and Gait in Elderly Patients with Total Knee Arthroplasty: A Randomized Controlled Trial. *Healthcare (Basel).* 2020;8.
29. Choi YM, Dobson F, Martin J, Bennell KL, Hinman RS. Interrater and intrarater reliability of common clinical standing balance tests for people with hip osteoarthritis. *Phys Ther.* 2014;94:696-704.
30. Yuksel E, Unver B, Kalkan S, Karatosun V. Reliability and minimal detectable change of the 2-minute walk test and Timed Up and Go test in patients with total hip arthroplasty. *Hip Int.* 2021;31:43-9.
31. Siggeirsdóttir K, Jónsson BY, Jónsson H, Jr., Iwarsson S. The timed 'Up & Go' is dependent on chair type. *Clin Rehabil.* 2002;16:609-16.
32. Oshima K, Asai T, Esaki H, Kameyama S, Yamamoto J. Concurrent validity of the step time and walking speed obtained from the smartphone application CareCoaching in independent, community-dwelling older adults. *J Phys Ther Sci.* 2021;33:621-6.
33. Lee MM, Song CH, Lee KJ, Jung SW, Shin DC, Shin SH. Concurrent Validity and Test-retest Reliability of the OPTOGait Photoelectric Cell System for the Assessment of Spatio-temporal Parameters of the Gait of Young Adults. *J Phys Ther Sci.* 2014;26:81-5.
34. Jette DU, Hunter SJ, Burkett L, Langham B, Logerstedt DS, Piuze NS, et al. Physical Therapist Management of Total Knee Arthroplasty. *Phys Ther.* 2020;100:1603-31.

35. Patti A, Bianco A, Paoli A, Messina G, Montalto MA, Bellafiore M, et al. Effects of Pilates exercise programs in people with chronic low back pain: a systematic review. *Medicine (Baltimore)*. 2015;94:e383.
36. Silfies SP, Ebaugh D, Pontillo M, Butowicz CM. Critical review of the impact of core stability on upper extremity athletic injury and performance. *Braz J Phys Ther*. 2015;19:360-8.
37. Collins NJ, Hart HF, Mills KAG. Osteoarthritis year in review 2018: rehabilitation and outcomes. *Osteoarthritis Cartilage*. 2019;27:378-91.
38. Batıay S, Külcü DG, Kaleoğlu Ö, Mesci N. 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;26:979-85.
39. Karimi N, Dehkordi KJ, Rizi RM. Effects of Pilates training VS. Suspension training on quality of life in women with knee osteoarthritis: A randomized controlled trial. *J Bodyw Mov Ther*. 2021;27:737-45.
40. Lin DH, Lin YF, Chai HM, Han YC, Jan MH. Comparison of proprioceptive functions between computerized proprioception facilitation exercise and closed kinetic chain exercise in patients with knee osteoarthritis. *Clin Rheumatol*. 2007;26:520-8.
41. Raghava Neelapala YV, Bhagat M, Shah P. Hip Muscle Strengthening for Knee Osteoarthritis: A Systematic Review of Literature. *J Geriatr Phys Ther*. 2020;43:89-98.
42. Fu S, Duan T, Hou M, Yang F, Chai Y, Chen Y, et al. Postural Balance in Individuals With Knee Osteoarthritis During Stand-to-Sit Task. *Front Hum Neurosci*. 2021;15:760960.
43. Długosz-Boś M, Filar-Mierzwa K, Stawarz R, Ścisłowska-Czarnecka A, Jankowicz-Szymańska A, Bac A. Effect of Three Months Pilates Training on Balance and Fall Risk in Older Women. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18.
44. Karaman A, Yuksel I, Kinikli GI, Caglar O. Do Pilates-based exercises following total knee arthroplasty improve postural control and quality of life? *Physiother Theory Pract*. 2017;33:289-95.
45. Carpes FP, Reinehr FB, Mota CB. Effects of a program for trunk strength and stability on pain, low back and pelvis kinematics, and body balance: a pilot study. *J Bodyw Mov Ther*. 2008;12:22-30.
46. Sanchez-Ramirez DC, van der Leeden M, Knol DL, van der Esch M, Roorda LD, Verschueren S, et al. Association of postural control with muscle strength, proprioception, self-reported knee instability and activity limitations in patients with knee osteoarthritis. *J Rehabil Med*. 2013;45:192-7.
47. Al-Zahrani KS, Bakheit AM. A study of the gait characteristics of patients with chronic osteoarthritis of the knee. *Disabil Rehabil*. 2002;24:275-80.