

Original Article

무릎관절 전치환술을 시행한 환자의 발목관절에 움직임을 동반한  
관절가동술이 발목 관절가동범위, 균형, 보행에 미치는 영향

윤중대, 이재남

경인의료재활센터병원 재활치료실

The Effects of Ankle Mobilization with Movements on the Ankle Range of Motion, Balance, and Gait of Patients after Total Knee Arthroplasty

Jung-dae Yoon, Jae-nam Lee

Dept. of Physical Therapy, Kyoung-in Rehabilitation Center

ABSTRACT

**Background:** The purpose of this study was conducted to investigate the effects of the ankle mobilization with movement (MWM) technique on ankle dorsiflexion range of motion (ROM), balance, and gait in patients who underwent total knee replacement (TKR).

**Methods:** Thirty patients with knee osteoarthritis were recruited and randomly divided into two groups: the experimental group (EG; n=15) and the control group (CG; n=15). For five days a week for 3 weeks, participants in the EG were treated with the ankle MWM technique and traditional total knee replacement (TKR) exercise, and those in the CG only performed traditional TKR exercises. The dorsiflexion ROM, balance, and gait of the patients were before and after exercise.

**Results:** Balance system SD was used compare changes in dynamic balance. Patients in the EG group showed statistically significant differences after the intervention ( $p<.05$ ). In addition, there was a statistically significant difference in dynamic balance between the EG and CG groups after the intervention ( $p<.05$ ). STT-IBS was used to compare changes in velocity, step length, stride length, and ankle dorsiflexion ROM. Patients in the EG group showed statistically significant differences after the intervention ( $p<.05$ ). In addition, there was a statistically significant difference in the velocity, step length, stride length, and ankle dorsiflexion ROM between the EC and CG groups after the intervention ( $p<.05$ ).

**Conclusion:** Our results showed that applying the ankle MWM technique with traditional TKR exercises improved ankle dorsiflexion ROM, dynamic balance, and gait in patients.

**Key Words:**

Ankle mobilization with movement, Total knee replacement, ROM, Balance, Gait

## I. 서론

전 세계적으로 의료 기술과 생활 수준이 향상되고 평균 수명이 늘어남에 따라 길어진 노년기에 대부분의 사람들은 만성 질환들을 겪게 된다. 그중 골관절염은 65세 이상 인구에서 53%의 유병률이 나타나는 일반적인 퇴행성 관절 질환이며 노인의 기능 장애의 주요 원인으로 삶의 질을 크게 떨어뜨리는 대표적인 만성 질환이다(Segal 와 Wallace, 2012).

또한, 남성보다 여성에게서 4배 정도 높게 발생하며, 신체 다른 관절과 비교하여 체중 부하를 많이 받는 무릎 관절에서 82.6%가 발생한다(The Korean orthopaedic association, 2002). Kovar 등(1992)의 연구에서 관절연골의 손상 원인은 관절에 과도한 부하가 지속적으로 가해졌을 때 관절 조직의 손상을 받거나, 관절의 연골이나 뼈가 약해져서 골관절염이 발생할 수 있다고 하였다.

무릎 골관절염의 일반적인 증상은 통증, 뻣뻣함, 관절 비대, 기형, 근 약화, 운동 제한, 고유 감각 장애를 포함하며(Mariani 등, 2012), 이러한 증상들은 활동과 관절 기능을 더욱 감소시키고 노인의 기동성을 제한하게 한다(Kim, 2007).

퇴행성 골관절염이 있는 환자들의 치료 목적으로는 관절 주변의 통증 경감과 관절가동범위를 증가시켜 관절의 장애를 줄이는 것이다. 이를 위해 약물요법이나 물리치료, 체중조절 등 보존적인 치료방법들이 시행되고 있다. 그러나 다양한 보존적인 치료에도 불구하고 퇴행성 변화가 계속 진행되어 통증 경감이나 관절가동범위, 일상생활에서의 신체활동 회복이 어려운 상태의 경우 최종적인 치료방법으로 수술적 치료방법을 시행하게 된다. 가장 흔히 사용되는 수술적 치료방법으로 무릎관절 전치환술이 있으며, 통계에 따르면 무릎 골관절염 환자의 93%는 관절통 완화, 경직 완화, 교체 후 움직임 개선 효과를 보인다(Harato 등, 2009; Kurtz 등, 2007; Goodfellow 등, 2002).

이러한 개선에도 불구하고 무릎관절 전치환술은 종종 통증, 관절 운동 제한, 근력 약화, 고유수용성 감각 저하, 균형 및 보행 장애와 같은 수술 후 초기 합병증을 남기고 일상생활 활동에 어려움을 겪고 삶의 질을 감소시킨다. 무릎관절 전치환술을 시행한 환자 중 60%에서는 심한 통증을 보이는 것으로 보고되고 있으며 30%에서는 중등도의 통증을 호소하고 있다고 보고된다(Chung 등, 2008). 무릎관절 굽힘근과 무릎관절 펴기근에서는 수술 전 근력의 50~60%가 약화 될 뿐만 아니라 발목관절

발등 굽힘근과 발바닥 굽힘근에서도 근력의 감소가 나타난다고 보고된다(Judd 등, 2012; Bade 등, 2010; Stevens-Lapsley 등, 2010).

이러한 무릎 주변 근육들의 약화로 나타나는 무릎관절의 불안정성은 고유수용감각과 자세를 유지하는 균형 조절 능력을 감소시킨다(Andriacchi 등, 1982). 또한, 무릎관절 전치환술을 시행 후 환자는 약화 된 다리의 관절들로 인한 나타나는 기능 제한이 원인이 되어 무릎 펴기 발목 굽힘의 관절가동범위의 제한을 유발하고 비정상적인 보행 양상을 보이는 것으로 나타난다(Cromwell 등, 2002).

무릎관절 전치환술의 전과 후를 비교한 결과를 보면 환자의 37%가 수술 1년 후 기능에서 제한적 개선 나타났으며, 환자의 가장 일반적인 한계는 보행, 계단 오르내리기, 수술 전 스포츠와 같은 운동능력을 회복할 수 없다는 것이다(Li, 등, 2008). 이러한 수술 후 초기 합병증들은 조기 물리치료를 저해하여 환자의 예후를 나쁘게 하는 요소가 된다(Singelyn 등, 1998).

무릎관절 전치환술 시행 후 일반적인 중재로 적용한 이전 연구를 보면 근력 강화 운동(Maniar 등, 2011), 지속적 수동운동(continuous passive motion, CPM)(Min 등, 2011) 등이 있었으나 대부분 무릎관절에 직접적인 중재를 적용하여 관절가동범위와 근력 향상을 중점으로 연구되고 있다. 최근 다리 손상 후 치료 및 예방을 위해 무릎관절뿐만 아니라 주변 관절에 대한 연구가 중요시되고 있다(Dwyer 등, 2010).

무릎관절 전치환술도 마찬가지로 무릎관절 전치환술을 시행한 환자를 대상으로 등척성 수축(isometric contraction)을 이용하여 1개월 후 근력을 측정한 연구에서 무릎관절과 발목 관절에서 근력의 감소가 나타났다고 하였다(Judd 등, 2012). 또한, 무릎관절 전치환술을 시행한 환자의 보행 능력을 분석한 결과 발등 굽힘 관절가동범위가 감소하였으며, 수술 후 2개월 후 무릎과 발목의 근력과 보행능력의 현저한 감소가 나타난다고 보고하였다(Ouellet 등, 2002).

발목에서 제한된 발등 굽힘의 운동 범위는 지지대(base of support)에서 신체의 질량 중심(center of mass)의 이동 범위가 감소하기 때문에 균형과 보행능력에 높은 연관성이 보고되고 있다(Spink 등, 2011). 또한, 가동범위 및 근력의 약화로 나타나는 발목의 불안정성은 발목 관절의 국소적 감각의 변화와 발목 관절과 중추신경계 사이의 되먹임 체계에 변화와 재인식에 영향을 미치며 이는 관절의 위치감각과 움직임을 감소시킨다(Bullock-Saxton, 1994).

이러한 발견은 무릎 수술 후 초기 합병증이 무릎에만 국한되지 않을 수 있으며 무릎 수술 후 더 많은 주변 관절에서 손실이 발생할 수 있음을 시사한다. 하지만 대부분 무릎관절 관절가동범위나 근력 향상에 중점을 두어, 무릎관절 전치환술 인해 동반되는 발목관절의 기능, 발목관절 가동범위, 균형, 보행 능력 향상을 위한 치료방법에 대한 연구는 미비하다.

따라서 수술 직후 환자를 대상으로 하는 초기 수술 전 통증과 활동 감소로 악화 된 발목관절 움직임을 증가시키고 더불어 손상 측 근력 및 균형능력 향상을 통한 보행능력을 향상시킬 수 있는 더욱 효과적인 물리치료 중재가 필요하다. 발목관절의 움직임 증가를 위해 임상에서 가장 많이 사용하고 있는 중재로 수동운동과 신장운동 및 관절가동술을 적용할 수 있다.

그 중 관절가동술의 변형된 방법으로 Mulligan은 능동운동을 동반한 관절가동술(mobilization with movement; MWM)을 제시했으며(Collins 등, 2004), 발목 염좌 환자에서 발목관절 MWM 적용은 발등 굽힘 움직임 향상과 통증 감소, 그리고 기능 회복에 효과적이라고 하였다(Mulligan 등, 1993).

따라서 현재까지 무릎관절 전치환술을 시행한 환자를 대상으로 무릎관절 관절가동범위나 근력 향상에 대한 연구는 있었지만, 퇴행성관절염으로 인해 무릎관절 전치환술을 받은 환자들을 대상으로 초기에 발목관절의 중재를 포함한 무릎관절의 관절가동범위 및 근력 향상 운동과 보행운동에 대한 물리치료적 임상자료가 미비한 실정이다.

이에 따라 능동운동을 동반한 관절가동술을 발목관절에 적용하여 무릎관절 전치환술을 시행한 환자의 발목관절가동 범위와 균형, 보행능력에 대한 전반적인 효과에 대해 알아보고 임상적 치료접근 방법에 기초를 제시하고자 연구를 진행하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상자

무릎관절 전치환술을 시행한 환자 30명(남 18명, 여 12명)을 대상으로 실시하였다. 대상자의 선정기준은 다음과 같다. 1) 골관절염으로 전치환술을 받은 자, 2) 무릎관절 전치환술 이외에 무릎관절에 다른 수술을 하지 않은 자, 3) 다리에 신경학적 손상이 없는 자, 4)정신성 질환이 없는 자로 선정하였다.

연구대상자 제외기준은 척추 부위에 골절 또는 외과적

인 수술이 있는 자, 신경학적 손상을 동반한 자, 혈관성 질환이 있는 자로 선정하였다. 대상자는 실험 전 연구의 목적과 방법에 대한 충분한 설명을 듣고 자발적으로 실험 참여에 동의하였다.

### 2. 실험도구 및 측정방법

#### 1) 보행능력

대상자의 보행 능력 변화를 알아보기 위해 STT-IBS (STT Systems, San Sebastian, Spain)을 사용하였다. 이 시스템은 iSen™ 3.01 소프트웨어와 STT-IWS WiFi 센서로 구성되어 있으며, 센서에는 자이로스코프(gyroscope), 가속도계(accelerometer), 자력계(magnetometer)가 있으며 높은 신뢰도(ICC= .981)를 가지고 있다(Martinez-Cava 등, 2020). 보행분석을 위해 골반 후면에 센서 1개와 허벅지, 종아리, 발에 센서 1개를 부착하였다.

측정 방법은 평가하기 이전에 먼저 검사자와 편안한 속도로 1회의 보행연습을 진행하였다. 이후 검사자의 구두 지시에 따라서 가장 편안한 속도로 걸도록 하였으며, 총 3회 측정 후 평균값을 기록하였다. 보행 검사의 결과 값 중에서 보행속도(velocity), 보폭(step length), 걸음거리(stride length), 발목의 발등 굽힘의 가동범위(ankle dorsiflexion ROM)를 분석하였다(Kim 등, 2013)(Figure 1).



Figure 1. Gait analysis

#### 2) 균형능력

대상자의 균형능력변화를 알아보기 위해 BIODEX사의 Balance system SD(Biodex Medical System, INC, USA)를 사용하여 동적 균형(dynamic balance)을 측정

하였다(Figure 5). 이 장비는 내측과 외측, 전방과 후방으로 불안정하게 흔들리는 원형 발판에서 목표물(원형 모양)이 정중앙에 유지하도록 확인할 수 있는 모니터, 움직임의 흔들리는 정도를 측정하는 센서, 자료 분석을 위한 컴퓨터로 구성되어 있다.

동적 균형을 평가하기 위해 1부터 12레벨 중 레벨 8에서 측정하였다. 검사자는 장비 위에 서서 편안하게 양팔을 조금 벌린 후 측정을 하고, 20초의 검사시간과 10초의 휴식을 가진다. 총 3회 측정 후 평균값을 산출하였다(Figure 2).



Figure 2. Dynamic balance test

### 3. 중재 방법

본 연구는 중재 전후 비교 연구방법으로 시행하였다. 중재는 1일 30분, 주 5회, 총 3주간 진행하였다.

대상자는 무작위로 대조군과 실험군으로 배정했으며, 실험군은 무릎에 일반적 물리치료와 발목 MWM을 적용하였고, 대조군은 무릎에 일반적 물리치료를 적용하였다. 실험군과 대조군에 적용한 무릎의 일반적 물리치료는 지속적 수동운동(CPM), 근력운동, 보행 훈련을 적용하였다. 발목의 MWM의 효과를 알아보기 위하여 중재 전과 중재 후 보행 능력과 균형능력검사를 시행하였다.

#### 1) Ankle MWM

실험군에 적용한 발목의 MWM 기법은 발목밑 관절(subtalar joint)에서의 위치 결함으로 인해 발목의 발등 굽힘의 제한이 있는 대상자에게 발등 굽힘 범위의 증가를 목적으로 한다. 대상자는 바로 누운 자세에서 발목관절이 치료대 끝을 지나 바깥 공간에 위치하도록 한다. 무릎은 수건을 이용해 약간 구부린 상태에서 한 손으로

발꿈치뼈를 잡고, 다른 손으로 손갈퀴(web-space)를 이용해 몸쪽발목뼈의 전면을 잡아서 전후방 활주를 돕는다. 1세트에 6회 반복하여, 총 3세트 실시한다(Wayne, 2016)(Figure 3).



Figure 3. Ankle mobilization with movement

#### 2) 일반적 물리치료

##### (1) 지속적 수동운동(Continuous Passive Motion: CPM)

수동적 관절 운동기 CPM(ARTROMOT-K1 (주) DJO, 독일)의 속도는 굽힘과 펴는 동작을 한 주기로 하여, 한 주기는 30초의 속도로 30분 동안 적용하였다. 설정 각도는 대상자가 견딜 수 있는 가동범위까지 최대한 적용하였다(Yeo 등, 2015)(Figure 4).



Figure 4. Continuous passive motion

##### (2) 근력운동

바로누운자세에서 치료사의 지시에 따라 수술 한쪽 다리의 넙다리네갈래근을 6초 동안 최대한 수축한 후 이완하고 10초간 휴식하였다. 이와 같은 방법으로 8회 반복한다. 2분간 휴식하고 한번 더 반복하여, 총 2세트 실시한다(Liberson, 1984)(Figure 5).



Figure 5. Quadriceps strengthening

### (3) 보행 훈련

보조기(워커)를 사용하여 대상자의 능력에 맞게 보행 훈련을 시작하였으며, 체중 이동에 불안함이 사라지는 시기에 보조기 도움 없이 실시하였다. 보행 훈련 시간은 총 20분 동안 적용되었다(Park 등, 2017).

### 3. 분석방법

본 연구의 자료처리는 SPSS for Window (18.0 Version)을 이용하였다. 모든 항목의 측정값을 평균과 표준편차로 산출하였다. 전체 대상자는 Shapiro-Wilks 정규성 검증을 통해 확인하였다. 대상자의 일반적인 특성과 그룹 간 동질성 검정을 비교하기 위해 독립표본-t 검정(independent-t test)을 실시하였다.

그룹 내 중재 방법에 따른 전과 후의 차이를 비교하기 위하여 대응표본 t 검정(paired-t test)을 실시하였고, 그룹 간 중재 방법에 따른 종속 변수의 차이를 비교하기 위하여 독립표본 t 검정을 실시하였다. 통계적 유의 수준은  $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

## III. 연구결과

### 1. 연구대상자의 일반적인 특성

대상자는 총 30명으로 실험군(남 8명, 여 7명), 대조군(남 10명, 여 5명)이 각각 15명이었으며 인구학적 특성은 두 군간에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 사전에 실시한 동질성 검증결과 모두 유의한 차이가 없었다(Table 1).

Table 1.  
Characteristics of subject

Groups	EG(n=15)	CG(n=15)	p
Age (yrs)	50.93±8.67 <sup>a</sup>	50.33±4.86	.085
Height (cm)	167.07±6.55	168.00±6.14	.884
Weight (kg)	67.10±7.14	66.00±9.13	.139

<sup>a</sup>Mean±SD

EG: Experimental group

CG: Control group

### 2. 보행능력의 변화

중재 방법에 따른 보행능력의 변화로 보행속도(velocity)는 실험군에서 중재 전 31.33±8.72cm/sec 중재 후 43.60±9.33cm/sec이었고, 대조군에서는 중재 전 32.27±8.84cm/sec 중재 후 34.07±9.14cm/sec이었다. 보폭(step length)은 실험군에서 중재 전 28.80±8.90cm 중재 후 33.33±8.25cm이었고, 대조군에서는 중재 전 28.33±9.42cm 중재 후 29.40±9.44cm이었다. 보행주기(stride duration)는 실험군에서 중재 전 1.73±0.40sec 중재 후 1.35±.31sec이었고, 대조군에서는 중재 전 1.77±.62sec 중재 후 1.72±.59sec이었다. 발목의 발등 굽힘 가동범위는 실험군에서 중재 전 7.59±1.44° 중재 후 9.87±1.10°이었고, 대조군에서는 중재 전 7.69±1.12° 중재 후 7.89±1.27°이었다. 그룹 내 중재 방법에 따른 전과 후의 차이를 비교한 결과 실험군은 중재 후 통계적으로 유의한 차이를 보였으나( $p<.05$ ), 대조군은 수술한 쪽의 보폭을 제외하고는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(Table 2).

### 3. 균형능력의 변화

중재 방법에 따른 균형능력의 차이 실험군에서 중재 전 .99±.15점, 중재 후 .53±.19점이었고, 대조군에서는 중재 전 .98±.18점, 중재 후 .93±.21점이었다. 그룹 내 중재 방법에 따른 전과 후의 차이를 비교한 결과 실험군은 중재 후 통계적으로 유의한 차이를 보였으나( $p<.05$ ), 대조군은 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(Table 3).

**Table 2.**  
The comparison of gait ability for two groups

Exercise Method	EG (n=15)	CG (n=15)	T	p	
ADFR (°)	Pre	7.59±1.44 <sup>a</sup>	7.69±1.12	.194	.847
	Post	9.87±1.10	7.89±1.27	-4.57	.002
	Diff	-2.28±.98	-.20±.50		
	t(p)	-9.00(.000)	-1.57(.139)		
Velocity (cm/sec)	Pre	31.33±8.72	32.27±8.84	.291	.773
	Post	43.60±9.33	34.07±9.14	-2.828	.000
	Diff	-2.28±.98	-.87±.69		
	t(p)	-12.27(.000)	-1.80(.053)		
SL(OP) (cm)	Pre	28.80±8.90	28.33±9.42	-.139	.890
	Post	33.33±8.25	29.40±9.44	-2.759	.000
	Diff	-9.53±3.93	-1.07±1.44		
	t(p)	-9.41(.000)	-2.87(.012)		
SL (cm)	Pre	27.60±8.77	26.73±8.87	-.269	.790
	Post	37.20±8.63	28.13±9.33	-2.764	.000
	Diff	-9.60±5.36	-1.401±4.14		
	t(p)	-6.94(.000)	-1.30(.215)		
SRD (sec)	Pre	1.73±.40	1.77±0.62	.218	.829
	Post	1.35±0.31	1.72±0.59	2.150	.000
	Diff	-.38±.19	-.50±.14		
	t(p)	10.87(.000)	1.45(.169)		

<sup>a</sup>Mean±SD

EG: Experimental group, CG: Control group, ADFR: Ankle dorsiflexion range of motion, SL(OP): Step length(operation side), SL: Step length, SRL: Stride duration.

**Table 3.**  
The comparison of dynamic balance for two groups

Exercise Method	EG (n=15)	CG (n=15)	F	p
Pre (scores)	.99±.15 <sup>a</sup>	.98±.18	-.220	.828
	Post (scores)	.53±.19	.93±.21	5.510
Diff	.46±.16	.50±.11		
	t(p)	10.87 (.000)	1.70 (.110)	

<sup>a</sup>Mean±SD

EG: Experimental group

CG: Control group

#### IV. 고찰

무릎관절염을 갖고있는 환자는 신체적 기능 및 보행능력의 감소로 인해 삶의 질이 떨어지게 된다(Segal와 Wallace, 2012). 이러한 이유로 무릎관절 전치환술을 실시하지만 초기 수술 측 다리의 약화 된 관절들로 인해 나타나는 기능 제한이 원인이 되어 무릎 펌과 발목 굽힘의 관절가동범위의 제한을 유발하고 비정상적인 보행 양상이 나타나며, 이는 신체적 기능의 저하 등 수술 후 초기 많은 문제가 나타난다(Saari 등, 2005). 그 예로 보행시 디딤기(stance phase)에서 무릎의 굽힘은 엉덩관절과 발목 관절의 발등 굽힘이 요구된다고 하였으며, 무릎의 기능 제한은 보행시 발목 굽힘을 제한하고 이는 발등 굽힘의 관절가동범위와 근력의 감소를 유발한다고 하였다(Oatis 등, 2004). 이러한 문제는 수술 후 조기 물리치료의 시행에 방해가 되어 환자의 회복 속도를 저해하게 되므로 수술 후 초기 빠른 재활을 위해 무릎과 발목에 대한 중재는 반드시 필요하다고 여겨진다. 본 연구결과 발목의 MWM 기법을 포함한 무릎 전치환술 후 적용하는 일반적인 물리치료를 적용한 실험군에서 발등 굽힘 관절가동범위, 균형능력과 보행능력에서 유의한 향상이 있었다.

MWM 중재 후 발목관절 관절가동범위 향상 정도를 살펴보면, 실험군과 대조군 모두 증가하였으나 실험군에서만 유의한 증가가 나타났다. 사전 연구를 보면 MWM 기법은 발등 굽힘 제한에 상당한 치료 효과가 있고 발등

굽힘의 제한을 26% 개선하였다고 보고하였다(Kluding 등, 2008; Vicenzino 등, 2006; Dijs 등, 2000). 다른 많은 연구에서도 MWM 기법을 발목관절에 적용하였을 때 발등 굽힘의 제한된 움직임을 향상시키는 것으로 보고되고 있으며(Reid 등, 2007), 이는 본 연구의 결과와 일치한다.

발목관절의 관절가동범위를 향상을 보면 MWM 적용 시 환자의 발등 굽힘의 움직임 증가는 짧아져 있는 발바닥 굽힘근을 신장시키고 치료사에 의한 정강뼈의 전방 활주가 관절 내 부수적 운동(accessory movement)을 회복시킨 결과로 생각된다. 그리고 반복된 동작으로 발목관절의 근력증가가 나타나며 이는 능동 관절가동범위를 증진 시킨 것으로 생각된다. 위의 결과는 MWM은 무릎관절 전치환술로 인해 나타나는 환자의 감소된 발목관절 가동범위를 증가시킬 것이라는 본연구의 가설을 지지한다고 하겠다.

균형을 감소시키는 요인은 발목관절 관절가동범위 감소와 근력 약화, 고유수용성 감각(proprioception)의 저하로 보고된다(Skelton와 Beyer, 2003; Vandervoort 등, 1991; Woollacott 등, 1986). 사전 연구들을 보면 만성 발목 불안정성이 있는 환자에게 발등 굽힘의 관절가동범위의 정도가 동적 균형능력에 기여한다고 보고하였다(Basnett 등 2013). 발목에 대한 고유수용성감각 훈련을 실시한 후, 균형능력에 미치는 영향을 연구한 결과에서는 실험군에서 더 큰 균형능력의 향상이 보고되었다(Han 등, 2015). 또한, 무릎관절염 환자를 대상으로 MWM 적용이 고유수용성감각훈련 보다 고유수용성감각을 개선하는데 우수하다고 보고하였으며(Gupta 등, 2015), 발목관절에 MWM 적용이 균형능력을 향상시킨다고 하였다(Gogate 등, 2021)

동적 균형능력의 향상을 보면 발목에 MWM 적용이 발등 굽힘의 관절가동범위의 증가시켜 지지대(base of support)에서 감소된 신체의 질량 중심(center of mass)의 이동 범위를 증가시켜 동적 균형능력증가에 기여했을 것이라 생각된다. 또한, 반복된 동작으로 인한 근력증가와 관절의 교정된 상태에서 유도된 움직임은 중추신경계의 되먹임 체계에 영향을 주어 움직임 조절의 학습이 나타나고 발목관절의 고유수용성 감각의 증가가 나타나 동적 균형능력증가에 기여했을 것이라 생각된다.

본 연구결과 두 그룹 모두 동적 균형능력의 향상을 보였으나, 실험군이 대조군보다 더 유의한 동적 균형능력의 증가를 보였다. 이는 실험군에 적용한 중재가 대조군에 적용한 중재보다 관절가동범위와 근력 그리고 고유수용성 감각을 증가시켜 균형능력이 향상되었다고 생각되

며, 선행연구 결과와 대체로 일치되는 것이다.

일반적으로 일어서기(stand up), 걷기(walking)와 같은 기능적 활동을 위해서 발목관절에서는 대략 30°의 움직임이 필요하다(Jeng 등, 1990). 이와 같이, 평균 속력으로 보행을 할 때 발목관절에서는 대략 20°의 발바닥 굽힘과 대략 10°의 발등 굽힘이 요구된다(Perry 등, 2010). 발등 굽힘의 각도와 비교하여 발바닥 굽힘의 각도가 크지만, 전체 보행주기에서 약 80%를 발등 굽힘 방향으로의 운동이 수행된다(Jung 등, 2012). 그러므로 무릎관절 전치환술 환자의 감소된 보행능력의 향상을 위해서는 무릎에 대한 중재뿐만 아니라 발목관절 특히, 발등 굽힘의 관절 가동범위 증가와 근력 강화를 동반한 수동적·능동적 움직임의 향상이 있어야 한다고 생각된다.

발목 발등 굽힘 관절 가동범위 감소는 초기 뒤꿈치 닿기(heel strike)를 방해하여보다 빨리 뒤꿈치를 떼기(Heel off) 나타나게 한다. 이러한 보상 메커니즘은 무게 중심이 손상받은 다리 쪽으로 이동하는 것을 제한하고 보행에서 비대칭의 유발과 보행속도의 감소를 발생시킨다고 보고된다(Lin 등, 2006; Tabrizi 등, 2000). 또한, 근수축을 통한 발목관절의 적절한 움직임은 서 있는 자세에서 발목관절 전략(ankle strategy)을 통해 안정된 자세를 유지하는데 기여하며(Shumway-Cook 등, 2012), 보행 중에는 안정성과 효율성을 제공한다(Lin 등, 2006).

보행 중 초기 뒤꿈치 닿기(initial contact) 시 나타나는 발등 굽힘 동작은 뒤꿈치를 지면에 먼저 닿게 해 충격을 흡수하고, 중간 입각기(mid stance)에서는 발목 락커(ankle rocker) 동작을 통해 발의 접촉 면적을 증가시켜 충분한 체중 지지와 무게중심의 조절을 통해 보행 중 안정성을 제공한다(Grant와 Alfred, 2010; Neptune 등, 2001).

본 연구에서 MWM 기법의 사용은 발목관절 가동범위를 증가시켰으며, 이러한 움직임의 증가는 보행 중 중간 입각기(mid-stance)에 따라 무게중심의 부드러운 이동을 통해 수술 측 다리의 보폭과 보행속도를 향상시키는데 기여했을 것이라 생각된다. 또한, 향상된 관절가동범위와 근력은 보행 중 수술 측 다리의 충분한 체중 지지와 안정성을 향상시켜 비수술 측 다리의 보폭과 보행속도를 향상시킨 것으로 생각되며 이는 사전 연구의 결과와 일치한다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 대상자가 인천 소재의 K 병원에서 무릎관절 전치환술을 받은 환자로 국한되었고 연구대상자들의 수가 충분히 크지 않아 모든 무릎관절 전치환술을 받은 환자들에게 일반화하기에는

한계가 있었다. 둘째, MWM 기법의 적용은 이들 기법에 대한 특별한 교육과정과 경험을 가진 숙련된 치료사에 의해 수행되기 때문에 모든 치료사에게 일반화시킬 수 없다. 셋째, 무릎관절 전치환술 후 기능적 회복은 서서히 증가 되지만 3주라는 짧은 기간으로 충분한 연구가 이루어지지 못함과 이후 추적 관찰을 하지 않아 장기적 효과를 알 수 없었다. 넷째, 다른 관절에서 ROM 또는 근력의 측정치를 얻지 못했기 때문에 균형 및 보행에서 나타나는 전체적인 움직임과 발목관절 MWM의 연관 관계를 명확하게 입증하기에는 부족하였다.

따라서 무릎관절 전치환술 후 통증 및 신체적 기능의 회복을 위해 지속적이고 장기간의 치료적 중재를 통하여 그 예방 및 치료가 필요하다고 제안하는 바이다.

## V. 결론

본 연구는 무릎관절 전치환술을 받은 환자의 발목관절에 움직임을 동반한 관절가동술을 포함한 일반적인 물리치료를 적용한 실험군과 일반적인 물리치료만을 적용한 대조군의 발목 각도, 균형능력, 보행능력에 미치는 효과를 연구하였다.

연구 기간은 2020년 4월부터 5월까지 3주간 실험군(n=15), 대조군(n=15) 총 30명을 대상으로 3주 동안 주 5회, 일 30분 중재를 적용하였으며, 발목 각도, 균형능력, 보행능력에 미치는 변화를 연구한 결과는 다음과 같다.

1. 동적 균형능력의 변화를 알아보기 위한 Balance system SD에서는 실험군은 중재 후 통계적으로 유의한 차이를 보였으나( $p < .05$ ), 대조군은 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다( $p > .05$ ).
2. 보행능력의 변화를 알아보기 위한 STT-IBS에서 보행속도, 보폭, 걸음거리, 발목의 발등 굽힘 가동 범위에서는 실험군은 중재 후 통계적으로 유의한 차이를 보였으나( $p < .05$ ), 대조군은 수술한 쪽의 보폭을 제외하고는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

## 참고문헌

Andriacchi TP, Galante JO, Fermier RW. The influence of total knee-replacement design on walking and stair-climbing. *JBS*. 1982;64(9):1328-1335. <https://doi.org/10.2106/00004623-198264090-00008>

Bade WM, Kohrt JE, Stevens-Lapsley. Outcomes before and after total knee arthroplasty compared to healthy adults. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 2010;40(9):559-567. <https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3317>

Curtis RB, Michael JH, Todd JW, et al. Ankle dorsiflexion range of motion influences dynamic balance in individuals with chronic ankle instability. *International journal of sports physical therapy*. 2013;8(2):121-128. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2016.07.008>

Blackburn T, Guskiewicz KM, Petschauer MA, et al. Balance and joint stability: The relative contributions of proprioception and muscular strength. *J Sport Rehabil*. 2000;9(4):315-328. <https://doi.org/10.1123/jsr.9.4.315>

Joanne E Bullock-Saxton. Local sensation changes and altered hip muscle function following severe ankle sprain. *Phys Ther*. 1994;74(1):17-28 <https://doi.org/10.1093/ptj/74.1.17>

Chung MY, Kim CJ. The effect of bilateral femoral nerve block combined with intravenous patient-controlled analgesia after a bilateral total knee replacement. *Korean J pain*. 2008;21(3):211-216. <https://doi.org/10.3344/kjp.2008.21.3.211>

Collins, P Teys, B Vicenzino. The initial effects of a Mulligan's mobilization with movement technique on dorsiflexion and pain in subacute ankle sprains. *Man Ther*. 2004;9(2):77-82. [https://doi.org/10.1016/s1356-689x\(03\)00101-2](https://doi.org/10.1016/s1356-689x(03)00101-2)

Cromwell RL, Roberta AN, Gail F. Influence of vision on head stabilization strategies in older adults during walking. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 2002;57(7):M442-M448. <https://doi.org/10.1093/gerona/57.7.m442>

Dijis HM, Roofthoof JM, Driessens MF, et al.



- Effect of physical therapy on limited joint mobility in the diabetic foot. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2000;90(3):126-132. <https://doi.org/10.7547/87507315-90-3-126>
- Dwyer MK, Boudreau SN, Mattacola CG, et al. Comparison of lower extremity kinematics and hip muscle activation during rehabilitation tasks between sexes. *J Athl Train.* 2010;45(2):181-190. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-45.2.181>
- Felson D. Osteoarthritis: New insights: Part 1: The disease and its risk factors. *Ann Intern Med.* 2000;133(8):635-646. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-133-8-200010170-00016>
- William HG, James SF, Stephen DP, et al. Postural responses following a rotational support surface perturbation, following knee joint replacement: Frontal plane rotations. *Gait & posture.* 2008;27(2):286-293. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2007.04.006>
- Gogate N, Satpute K, Hall T. The effectiveness of mobilization with movement on pain, balance and function following acute and sub acute inversion ankle sprain-A randomized, placebo controlled trial. *Physical Therapy in Sport.* 2021;48:91-100. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2020.12.016>
- Goodfellow J, John O'Connor, David WM. The Oxford meniscal unicompart mental knee. *J Knee Surg.* 2002;15(4):240-246.
- Grant AD. Gait analysis: Normal and pathological function. *Jama* 2010;304(8):907-907. <https://doi.org/10.1001/jama.2010.1210>
- Gupta R, Heggannavar A. Quantitative effects of proprioceptive exercises and Mulligan's mwm in subjects with osteoarthritis knee-a randomized controlled trial. *International Journal of Therapies and Rehabilitation Research.* 2015;4(4):191-200. <https://doi.org/10.5455/ijtrr.000000088>
- Han J, Anson J, Waddington G, et al. The role of ankle proprioception for balance control in relation to sports performance and injury. *BioMed research international.* 2015;1-8. <https://doi.org/10.1155/2015/842804>
- Harato, Kengo, Otani, et al. When does post-operative standing function after total knee arthroplasty improve beyond preoperative level of function. *The Knee.* 2009;16(2):112-115. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2008.10.008>
- Perry J, Burnfield J. *Gait Analysis: Normal and Pathological Function.* 2nd ed. SLACK. California. 2010
- Jacobs JV, Horak FB. External postural perturbations induce multiple anticipatory postural adjustments when subjects can not pre-select their stepping foot. *Exp Brain Res.* 2007;179(1):29-42. <https://doi.org/10.1007/s00221-006-0763-5>
- Jaramillo J, Worrell TW, Ingersoll CD. Hip isometric strength following knee surgery. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1994;20(3):160-165. <https://doi.org/10.2519/jospt.1994.20.3.160>
- Jeng SF, Schenkman M, Riley PO, et al. Reliability of a clinical kinematic assessment of the sit-to-stand movement. *Phys Ther.* 1990;70(8):511-520. <https://doi.org/10.1093/ptj/70.8.511>
- Judd DL, Eckhoff DG, Lapsley SL, et al. Muscle strength loss in the lower extremity following total knee arthroplasty. *American journal of physical medicine & rehabilitation/Association of Academic Physiatrists.* 2012;91(3):220-230. <https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e3182411e49>
- Kim, HU, Seo KC. The effects of task-related circuit training by type of dual task on the gait of chronic stroke patients. *Journal of The Korean Society of Physical Medicine.* 2013;8(3):407-415. <https://doi.org/10.1007/s11367-013-0008-8>

Yoon, et al. The Effects of Ankle Mobilization with Movements on the Ankle Range of Motion, Balance, and Gait of Patients after Total Knee Arthroplasty

[i.org/10.13066/kspm.2013.8.3.407](https://doi.org/10.13066/kspm.2013.8.3.407)

Kim RS. Knee Joint. Latest Medical History. Seoul. 2007:152-153.

Pamela A, John P, Ronald M, et al. Supervised fitness walking in patients with osteoarthritis of the knee: A randomized, controlled trial. *Ann Intern Med.* 1992;116(7):529-534. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-116-7-529>

Kurtz, Steven M, Schmier J, et al. Future clinical and economic impact of revision total hip and knee arthroplasty. *JBJS.* 2007;89(3):144-151. <https://doi:10.2106/JBJS.G.00587>

Li Xinning, Shah A, Franklin P, et al. Arthroscopic debridement of the osteoarthritic knee combined with hyaluronic acid (Orthovisc®) treatment: A case series and review of the literature. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research.* 2008;3(1):1-8. <https://doi.org/10.1186/1749-799x-3-43>

Limbird, TJ, Shiavi R, Frazer M, et al. EMG profiles of knee joint musculature during walking: changes induced by anterior cruciate ligament deficiency. *J Orthop Res.* 1988;6(5):630-638. <https://doi.org/10.1002/jor.1100060503>

Lin PY, Yang YR, Cheng SJ, et al. The relation between ankle impairments and gait velocity and symmetry in people with stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87(4):562-568. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2005.12.042>

Maniar RN, Baviskar JV, Tushar S, et al. To use or not to use continuous passive motion post-total knee arthroplasty: Presenting functional assessment results in early recovery. *J Arthroplasty.* 2012;27(2):193-200. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2011.04.009>

Martinez-Cava A, Hernández-Belmonte A, Courel-Ibáñez J, et al. Reliability of technologies to measure the barbell velocity:

Implications for monitoring resistance training. *PloS one* 2020;15(6):e0232465. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232465>

Kluding PM, Santos M. Effects of ankle joint mobilizations in adults poststroke: A pilot study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2008;89(3):449-456. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.12.005>

Mariani Vivi, Lanny Indriastuti. Comparison of sling suspension versus balance and proprioceptive exercise for patients with knee osteoarthritis. *Indonesian Journal of Physical Medicine & Rehabilitation.* 2012;1(1):18-26. <https://doi.org/10.36803/ijpmr.v1i1.188>

Min HS, Jung YH, Kim ES, et al. Effects of muscle strengthening exercise program on pain, fatigue, physical function in elderly women with total knee arthroplasty. *Journal of muscle and joint health.* 2011;18(2):203-214. <https://doi.org/10.5953/JMJH.2011.18.2.203>

Mulligan, Brian R. Mobilizations with movement (MWM'S). *Journal of Manual & Manipulative Therapy.* 1993;1(4):154-156. <https://doi.org/10.1179/jmt.1993.1.4.154>

Neptune RR, Kautz SA, Zajac FE, et al. Contributions of the individual ankle plantar flexors to support, forward progression and swing initiation during walking. *J Biomech.* 2001;34(11):1387-1398. [https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(01\)00105-1](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(01)00105-1)

Neumann DA. *Kinesiology of the Musculoskeletal System.* Wisconsin, Mosby, 2002:519-29.

Oatis CA. *Kinesiology: The Mechanics & Pathomechanics of Human Movement.* North America: Lippincott Williams & Wilkins 2004.

Ouellet D, Moffet H. Locomotor deficits before and two months after knee arthroplasty. *Arthritis Care & Research.* 2002;47(5):484-493. <https://doi.org/10.1002/art.10652>

Park, JE, Lee JH, Cha YJ. The effect of treadmill

- gait training in an adjusted position from functional training system on chronic stroke patients' walking and balance ability. *Journal of The Korean Society of Physical Medicine*. 2017;12(1):35-42. <https://doi.org/10.13066/kspm.2017.12.1.35>
- Reid A, Birmingham TB, Alcock G. Efficacy of mobilization with movement for patients with limited dorsiflexion after ankle sprain: A crossover trial. *Physiother Can*. 2007;59(3):166-172. <https://doi.org/10.3138/ptc.59.3.166>
- Saari T, Tranberg R, Zügner R, et al. Changed gait pattern in patients with total knee arthroplasty but minimal influence of tibial insert design: Gait analysis during level walking in 39 TKR patients and 18 healthy controls. *Acta orthopaedica*. 2005;76(2):253-260. <https://doi.org/10.1080/00016470510030661>
- Segal NA, Robert W. Tolerance of an aquatic power training program by older adults with symptomatic knee osteoarthritis. *Arthritis*. 2012;9:1-9. <https://doi.org/10.1155/2012/895495>
- Shumway-Cook Anne, Marjorie H. Woollacott. *Motor Control: Translating Research into Clinical Practice*. Lippincott Williams & Wilkins, 2007.
- Singelyn FJ, Deyaert M, Joris D, et al. Effects of intravenous patient-controlled analgesia with morphine, continuous epidural analgesia, and continuous three-in-one block on post-operative pain and knee rehabilitation after unilateral total knee arthroplasty. *Anesth Analg*. 1998;87(1):88-92. <https://doi.org/10.1213/00000539-199807000-00019>
- Jung SI, Oh SH, Kim JO, et al. Reaction of ankle muscles by functional electrical stimulation. *The Korean Society for Noise and Vibration Engineering*. 2012;22(1):15-21. <https://doi.org/10.5050/KSNVE.2012.22.1.015>
- Skelton DA, Nina B. Exercise and injury prevention in older people. *Scand J Med Sci Sports*. 2003;13(1):77-85. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2003.00300.x>
- Stanek JM, Alex EP. Effectiveness of clinician-and patient-applied mobilization with movement technique to increase ankle dorsiflexion range of motion. *International Journal of Therapy And Rehabilitation*. 2020;27(4):1-11. <https://doi.org/10.12968/ijtr.2018.0118>
- Spink MJ, Fotoohabadi MR, Wee E, et al. Foot and ankle strength, range of motion, posture, and deformity are associated with balance and functional ability in older adults. *Arch Phys Med Rehabil*. 2011;92(1):68-75. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2010.09.024>
- Stevens-Lapsley JE, Balter JE, Kohrt WM, et al. Quadriceps and hamstrings muscle dysfunction after total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2010;468(9):2460-2468. <https://doi.org/10.1007/s11999-009-1219-6>
- Tabrizi P, McIntyre WMJ, Quesnel MB, et al. Limited dorsiflexion predisposes to injuries of the ankle in children. *The Journal of bone and joint surgery*. British volume. 2000;82(8):1103-1106. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.82b8.0821103>
- The Korean Orthopaedic Association. *Orthopedics*. Latest Medical History. Korea. 2002.
- Vandervoort AA, Chesworth BM, Cunningham DA, et al. An outcome measure to quantify passive stiffness of the ankle. *Canadian journal of public health= Revue canadienne de sante publique*. 1992;83:19-23. <https://doi.org/10.1080/02255189.1992.9669450>
- Vicenzino B, Branjerdporn M, Teys P, et al. Initial changes in posterior talar glide and dorsiflexion of the ankle after mobilization with movement in individuals with recurrent ankle sprain. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2006;3(7):464-471. <https://di.org/10.2519/jospt>

Walsh NE, Brooks P, Hazes JM, et al. Standards of care for acute and chronic musculoskeletal pain: The Bone and Joint Decade. Arch Phys Med Rehabil. 2008;89(9):1830-1845. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2008.04.009>

Woollacott MH, Anne Shumway-Cook, Nashedner LM, et al. Aging and posture control: Changes in sensory organization and muscular coordination. The International Journal of Aging and Human Development. 1986;23(2):97-114. <https://doi.org/10.2190/vxn3-n3rt-54jb-x16x>

Yeo HN, Kim YK, Kang MA, et al. Effects of elastic band exercise on pain, range of motion, and fear of falling in patients with total knee replacement. Journal of Korean Clinical Nursing Research. 2015;21(2):266-275. <https://doi.org/10.22650/JKCNr.2015.21.2.266>

논문접수일(Date received) : 2021년 03월 17일

논문수정일(Date Revised) : 2021년 04월 13일

논문게재확정일(Date Accepted) : 2021년 04월 14일