

Original Article

발목관절 안쪽번짐에 대한 움직임을 동반한 관절가동술이 무릎 통증,
발목 관절가동범위, 균형, 보행에 미치는 영향: 무릎관절 전치환술
환자를 대상으로

정성관, 이승병¹⁾, 이호준²⁾

서울정형외과의원, 청춘병원¹⁾, 가톨릭병원²⁾

Effect of Joint Mobilization with Movement for Ankle Joint
Inversion on Knee Pain, Ankle Joint Range of Motion,
Balance, and Gait: Total Knee Arthroplasty Patients

Seong-gwan Jeong, Seung-byung Lee¹⁾, Ho-jun Lee²⁾

Dept. of Physical Therapy, Seoul Orthopedic Clinic

Dept. of Physical Therapy, Chung Chun Hospital¹⁾

Dept. of Physical Therapy, Catholic Hospital²⁾

ABSTRACT

Background: This study aimed to investigate the effects of joint mobilization with movement (MWM) on pain, ankle joint range of motion, balance, and gait in patients who underwent total knee arthroplasty (TKA) and exhibited ankle joint inversion.

Methods: We divided 35 patients who had undergone TKA into experimental and control groups. The intervention involved a 40-min session three times a week over 4 weeks. The control group received general physical therapy, ankle pumping exercises, Q-setting exercises, knee joint range of motion exercises, and gravity-controlled gait training. In addition to these treatments, the experimental group received MWM to evaluate knee pain, ankle joint angle, balance, and gait pre- and post-intervention.

Results: Both groups experienced a decrease in pain levels, with no significant difference between the groups. Both groups also showed a significant decrease in ankle joint inversion angle, with notable differences between them. Additionally, both groups significantly increased their mean dorsiflexion angles and balance, with a significant difference observed between the groups. Although walking decreased in both groups, there was no significant difference observed between them.

Conclusion: The group that received MWM treatment showed significant effects on inversion angle, dorsiflexion angle, balance, and gait. These results provide valuable insights into the potential benefits of MWM as a post-TKA intervention, while highlighting the importance of long-term follow-up studies on post-TKA lower limb alignment interventions.

Key Words:

Balance, Gait, MWM, ROM, TKA

I. 서론

환자의 동통을 제거하고, 기능을 회복시키는 것을 목표로 한 무릎관절 전치환술(total knee arthroplasty; TKA)은 1908년대부터 심한 골관절염의 기본적인 치료 방법으로 받아지게 되었으며 15~20년 이상의 장기 추적 결과도 매우 양호한 결과를 보여주고 있다(Dennis 등, 2003; Schai 등, 1998). 국민건강보험공단의 '2022 주요 수술 통계연보' 자료를 살펴보면, 2018년 71,769건, 2019년 79,347건, 2020년 72,382건, 2021년 77,616건, 2022년 82,544건으로 TKA는 인구의 고령화가 진행됨에 따라 지속적으로 증가하는 추세이다(National Health Insurance Servic, 2023).

Bae 등(2007)은 무릎관절의 안굽이(genu varum) 변형이 심할수록 발목관절이 안쪽변짐의 위치를 갖게 되고 목말밀관절은 이를 보상하기 위해 거꾸로 뒤침의 위치를 갖게 된다고 하였다. Keenan 등(1991)은 목말밀관절의 뒤침 변형이 있을 경우 보행 시 무릎관절에 작용하는 외반력이 증가하며, 따라서 TKA시 치환물에 가해지는 스트레스를 최소화하기 위해 목말밀관절의 부정 정렬을 먼저 교정할 것을 추천하였다. Rand와 Coventry(1998)는 하지 정렬이 0도에서 4도 밖굽이를 이룰 경우는 90%의 10년 생존률을 보였으나 4도 이상의 밖굽이무릎과 안굽이무릎에서는 각각 71%와 73%의 10년 생존율을 보였다고 하였다.

TKA에서 정렬을 맞추기 위하여 고전적인 방법은 관상면에서 주로 넓다리-정강이의 축간 각도를 교정하는 것으로 되어 있다(Byun, 2012). 최근에는 목말밀관절 축의 정렬을 해결하기 위해 고전적 수술 방법에서 더 정확한 하지 정렬을 얻을 수 있는 네비게이션 시스템을 이용한 수술 방법까지 사용되고 있다. 컴퓨터를 이용한 무릎관절 수술은 1990년대 TKA에 처음 도입되었으며, 1997년에는 Saragaglia가 영상 없이 수술을 시행할 수 있는 네비게이션 장치를 개발하였다(Saragaglia, 2020). Haaker 등(2005)은 네비게이션을 이용하여 TKA를 한 252 예와 네비게이션을 이용하지 않는 고전적인 방법으로 시행한 261 예의 역학적 축을 비교하여 네비게이션의 경우 79%가 고전적 방법의 경우 28%에서 이상점(outlier)이 발생하지 않았다고 보고하였다. Ensini 등(2006)도 네비게이션군에서는 1.7%의 이상점이 발생하였고 고전적 방법군에서는 20%의 이상점 발생을 보고하였다. 이처럼 TKA에서 최근 하지 정렬은 매우 중요한 문제로 대두되고 있다.

현재 TKA를 시행한 환자들의 물리치료 중재에는 지속

적 수동운동기구를 이용한 관절 가동운동(Min 등, 2011), 균형 운동(Piva 등, 2010), 슬링 운동을 통한 근력 강화와 신장 운동(Bae 등, 2014), 세라밴드를 활용한 근력운동(Yun과 Lee, 2015) 등 다양한 방법이 시행되고 있다.

Piva 등(2010)은 균형 운동 프로그램이 TKA 환자의 기능 향상 효과 연구에서, 기능 훈련 프로그램과 균형 운동 프로그램을 결합한 그룹과 기능 훈련 프로그램만 실시한 그룹으로 나누어서 시행한 결과, 두 그룹 모두 하지의 기능 상태가 증가되었고, 보행속도, 한발 입각기 시간, 뺏뺏함이 균형 운동 프로그램을 결합한 그룹이 기능 훈련만 한 그룹보다 더 효과적임을 확인하였다. 기존의 치료 중재 방법은 무릎관절의 관절가동범위 및 근력, 균형 능력 등에 초점이 맞추어져 있고, 발목관절의 문제에 관한 연구는 상대적으로 부족한 실정이다.

무릎관절 골관절염은 노인에게 발생하는 가장 흔한 관절염이며, 장애의 주요 원인으로, 사회 및 공공 의료에 많은 영향을 미친다(Felson과 Zhang, 1998). 무릎관절 골관절염의 진행은 역학적 축(mechanical axis)을 변화시키고 발목관절을 포함한 하지 전체의 정렬을 변화시킬 수 있다(Tallroth 등, 2008). Konradsen(2002)은 발목의 과도한 안쪽변짐 상태는 무릎관절 주변 근육의 근력 저하, 지연된 근육 반사, 움직임에 대한 운동능력 결여로 인한 자세 안정성에 영향을 주고 발목관절과 무릎관절 사이 근육의 역학적인 문제를 동반하여 손상을 일으킬 수 있다고 하였다.

무릎관절염을 해결하기 위해 가장 많이 사용되는 방법이 TKA지만 초기 수술 측 다리의 약화 된 관절들로 인해 나타나는 기능 제한이 원인이 되어 무릎 펌과 발목 굽힘의 관절가동범위의 제한을 유발하고 비정상적인 보행 양상이 나타난다(Saari 등, 2005). 또한, TKA 시행 후 합병증으로 관절가동범위의 제한, 근력 약화, 균형 및 보행 장애 등을 남긴다고 하였다(Yoon과 Lee, 2021). Ouellet과 Moffet(2002)은 TKA 후 보행 능력을 분석한 결과 발등 굽힘 관절가동범위가 감소하였으며, 수술 후 2개월 후 무릎과 발목의 근력과 보행 능력의 현저한 감소를 확인하였다. Yun과 Lee(2015)은 TKA를 시행한 환자의 발목관절에 움직임을 동반한 관절가동술이 발목 각도, 균형 능력, 보행 능력에 미치는 변화를 연구하였고, Kim과 Jeong(2016)은 TKA 초기의 대퇴사두근 운동 방법에 따른 무릎관절과 발목관절의 관상면 정렬을 비교하였다. 그러나 TKA 후 발목관절이 안쪽변짐 되어 있는 환자를 대상으로 한 물리치료 중재 및 연구는 미비한 실정이다.

본 연구는 TKA를 시행한 환자 중 발목관절이 안쪽번짐되어 있는 환자를 대상으로 움직임을 동반한 관절가동술이 통증, 발목 관절가동범위, 균형, 보행에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구의 필요성

본 연구는 TKA를 시행한 환자를 대상으로 수술 후 5일째 되는 날부터 실험군과 대조군을 연구에 참여하게 하였다. 수술 전 O다리로 변형이 된 상태로 수술을 받고 수술 후 무릎은 곧게 뻗어 있지만, 발목관절은 바깥 발날 걷기 보행이 계속 유지되거나, 발목관절 통증이 심하여 정상 보행이 어렵거나, 발목관절 발등굽힘 동작이 나오지 않아 보행을 지속적으로 하기 어려웠다. 이에 본 연구는 TKA를 시행한 환자 중 발목관절 안쪽번짐 정상 각도인 20도를 벗어난 환자만 선정하여 연구에 참여하게 하였다. 무릎관절뿐만 아니라 부정렬 상태인 발목관절에 움직임을 동반한 관절가동 운동이 시행되어 보다 정상적인 보행을 할 수 있는지 연구의 필요성을 느껴 본 연구를 시작하였다.

2. 연구대상자

본 연구 2023년 12월부터 2024년 6월까지 대전에 소재한 정형외과병원에서 TKA를 시행한 환자를 대상으로 하였다. 연구의 목적과 방법에 대해 충분한 설명을 듣고 동의한 환자 35명을 대상으로 선정하였다. 대조군 17명 중 남성 2명, 여성 15명이고 실험군 18명 중 남성 3명, 여성 15명으로 편성하였다. 중재 도중 대상자가 원하면 언제든지 중단할 수 있도록 하였고, 본 연구에 참여로 발생하는 불이익이 없음을 설명하였다.

대상자의 선정기준은 다음과 같다. 1) 퇴행성 골 관절염을 진단 받아 본원에서 TKA를 시행 받은 환자, 2) TKA 이외 무릎관절에 다른 수술을 하지 않은 환자, 3) 바로 누운 자세에서 휴식 시 발목 안쪽번짐이 20도 이상 넘어가는 환자, 4) 다리에 신경학적 손상이나 골절 진단이 없는 환자, 5) 의식 장애나 감각 장애가 없고, 평가 내용을 이해하고 의사소통이 가능한 자이다.

대상자의 선정 제외기준은 다음과 같다. 1) TKA을 양쪽 수술이 예정인 환자, 2) 바로 누운 자세에서 휴식 시 발목 안쪽번짐이 20도 이상 넘어가는 않는 환자, 3) 평가 내용을 이해하고 의사소통이 가능하지 못한 자, 4)

입원 기간이 짧은 환자이다.

3. 실험 중재방법

본 연구는 중재 전과 중재 후의 비교 연구방법으로 시행하였다. 본 연구에 참여하는 연구대상자는 짝수와 홀수 번호표를 직접 선택하여 무작위로 실험군과 대조군으로 배정하였고 중재 기간은 1일 40분, 주 3회, 총 4주간 진행하였다.

실험군은 일반적인 물리치료, 발목관절 움직임을 동반한 관절가동술(mobilization with movements: MWM)과, 발목 펌핑 운동(ankle pumping exercise), 넙다리네갈래근 등척성 수축운동(Q setting exercise), 무릎관절 관절가동범위 운동, 중력 조절 보행훈련을 적용하였다. 대조군은 일반적인 물리치료, 발목 펌핑 운동, Q setting exercise, 무릎관절 관절가동범위 운동, 중력 조절 보행훈련을 적용하였다.

발목관절의 MWM의 효과를 알아보기 위하여 중재 전과 중재 후 무릎 통증과 발목관절 각도, 균형 능력, 보행 능력 평가를 시행하였다.

1) 일반적 물리치료

일반적인 물리치료는 수술 부위에 냉치료(ICE PACK, Bio Medical, Korea) 20분, 간섭파전기치료기(IN-2300, YOUNGIN, Korea) 15분, 저출력 레이저치료기(HLA-200, Hanil TM, Korea) 15분, 전동식 정형용 운동장치(CPS-1000, StraTek, Korea) 30분을 적용하였다.

2) 발목 펌핑 운동

환자는 바로 누운 상태에서 발목관절의 발등굽힘 동작을 30회, 유지 시간은 5초 시행하였다(Figure 1).



Figure 1. Ankle pumping exercise

3) 넙다리네갈래근 등척성 수축운동

환자는 바로 누운 상태에서 무릎관절 밑에 수건을 누르고 무릎에 힘을 주도록 하였다. 그리고 발등굽힘도 같이 시행하였다. 총 30회 5초간 유지하였다(Figure 2).



Figure 2. Q setting exercise

4) 발목관절의 움직임을 동반한 관절가동술

실험군에 적용한 첫 번째 발목관절의 MWM 기법은 lateral malleolus posterior mobilization with movement(Figure 3a)로 발목관절의 발등굽힘 범위의 증가를 목적으로 시행하였다. 대상자는 바로 누운 자세에서 발목관절이 치료용 침대 끝을 벗어난 공간에 위치하도록 한다. 치료사의 한 손은 뒤꿈치뼈를 고정하고 다른 한 손은 환자의 종아리뼈를 뒤쪽 활주하면서 통증 없는 범위 내에서 환자는 발등굽힘 동작을 6회씩 5세트 수행하였다.

두 번째 발목관절의 MWM 기법은 lateral malleolus superior mobilization with movement(Figure 3b)로 발목관절의 내번각의 범위를 감소시키는 목적으로 시행하였다. 치료사의 한 손은 뒤꿈치뼈를 고정하고 다른 한 손은 환자의 종아리뼈를 머리쪽으로 활주하면서 통증 없는 범위 내에서 환자는 발등굽힘 동작을 6회씩 5세트 수행하였다.

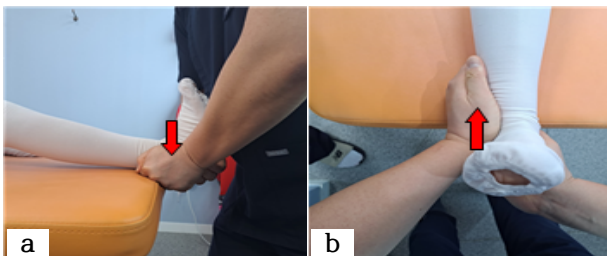


Figure 3. Mobilization with movement(a: Lateral malleolus posterior, b: Lateral malleolus superior)

5) 중력조절 보행훈련

중력조절보행장치(Anti Gravity Gait System, ALTER-G, USA)장비를 이용하여 보행 연습을 20분간 시행하였다(Figure 4).



Figure 4. Anti gravity gait system

4. 측정방법

1) 무릎관절의 통증 평가

본 연구에서 무릎관절의 통증 감소 효과를 평가하기 위해서 시각적 상사 척도(visual analogue scale; VAS)를 사용하였다. VAS는 환자가 주관적으로 느끼는 무릎관절 통증 정도를 스스로 0~10의 점수를 표시하도록 하였다.

VAS에서 0점은 통증의 자각 증상이 전혀 없는 상태를 나타내며, 1~2는 통증이 거의 없는 상태를, 3~4는 약간의 통증이 있음을, 5~6은 오래 걸으면 시큰거림 또는 불편감이 있음을, 7~8은 계단 보행에서 통증으로 인해 난간을 잡아야 하는 상태를, 9~10점은 참을 수 없을 정도의 극심한 통증으로 지팡이나 약물치료가 필요한 것을 의미한다. VAS는 검사-재검사 신뢰도 $r=.99$ 와 측정자간 신뢰도 $r=1.00$ 으로 매우 높은 것으로 나타났다(Wagner 등, 2007).

2) 바로 누운 자세에서 휴식 시 발목 안쪽변짐 각도

본 연구에서 발목관절의 관절가동범위 측정을 위해 각도기(Goniometer 662M4, OrthesenOrthosis, Germany)를 이용하여 해부학적 자세에서 발목관절의 안쪽변짐 각도를 측정하였다. 발목관절의 안쪽변짐이 정상 각도 범위인 20도를 벗어난 환자가 무릎 통증이 심하여 발목관절의 바깥쪽변짐을 수행하기가 어려워 바로 누운 자세에서 무릎 정렬을 맞춘 후 휴식 자세를 취한 상태에서 치료사가 목말밑관절을 중심으로 두어 위는 정강이뼈와

수직선상에 두고 아래는 두 번째 발가락에 평행하게 두어 발목관절 안쪽변짐 각도를 3회에 걸쳐서 측정하였다(Figure 5).

3번의 측정치 중에 가장 좋은 결과의 값을 최종 측정치로 선택하였다.

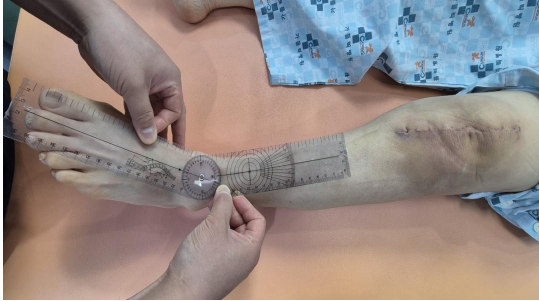


Figure 5. Ankle Inversion degree on supine resting position

3) 발목관절의 능동적 발등굽힘 각도

본 연구에서 바로 누운 자세에서 중재 전후에 발목관절의 발등굽힘 관절가동범위 측정하였다. 치료사는 통증이 유발되지 않는 각도 범위에서 3회에 걸쳐서 측정하였다(Figure 6).

3번의 측정치 중에 가장 좋은 결과의 값을 최종 측정치로 선택하였다.

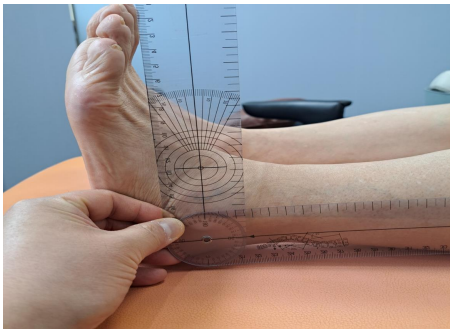


Figure 6. Ankle dorsi flexion AROM

4) 균형 평가

Kim(2001)은 편평한 바닥에 체중계(Bokjung, Model 1703, Korea) 2개를 나란히 놓고 양 하지를 각각 체중계 위에 올려놓게 하여 측정하였다. 선행 연구에 의해 본 연구도 양발에 가해지는 체중부하 차이를 알아보기 위하여 중재 전후에 체중계(X20 PLUS, CAS, Korea) 2개를 양쪽 발바닥에 각각 위치하여 바로 선 자세에서 체중을 측정하여 균형 평가를 시행하였다.

총 3회 측정하여 평균값을 선정하여 백분율로 분석하였다(Figure 7).



Figure 7. X20 PLUS

5) 보행 평가

대상자의 보행 능력 변화를 평가하기 위해 10미터 걷기 검사(10m walk test; 10MWT)를 하였다. 10MWT는 측정자 간 및 측정자 내 신뢰도가 $r=.89$ 로 신뢰도가 검증된 평가 도구이다(Steffen 등, 2002).

측정 방법은 대상자에게 직선의 14m 구간을 걸어가는 동안 출발 지점과 도착 지점에서 가속과 감속을 고려하여 출발선에서 출발 후 2m, 도착 전 2m 구간을 제외한 총 10m 구간의 이동에 소요되는 시간을 측정하였다. 2회 측정하여 평균값을 사용하였다.

III. 분석방법

본 연구에서 자료의 통계처리를 위하여 SPSS Statistics 21.0 프로그램을 사용하였다. 정규성 검정(Shapiro-Wilk)에서 정규분포를 만족하여, 각 그룹의 중재 전, 후 비교는 대응표본 t-검정으로 분석하였고, 그룹 간의 효과를 확인하기 위해 독립표본 t-검정을 실시하였다. 모든 자료의 통계학적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 정하였다.

IV. 연구결과

1. 연구대상자의 일반적인 특성

본 연구의 대상자는 총 35명이며 대조군 17명 중 남성 2명, 여성 15명이고 실험군 18명 중 남성 3명, 여성 15명으로 편성하였다. 대조군의 평균 연령은 67.47 ± 16.09 세이고 체중은 57.00 ± 13.21 이다. 실험군의 평균 연령은 68.28 ± 8.68 세이고 체중은 57.67 ± 10.24 이다(Table 1).

Table 1.
General characteristics of study participants

Groups	EG (n=18)	CG (n=17)
Sex(M/F)	3 / 15	2 / 15
Age (yrs)	68.28±8.68 ^a	67.47±16.09
Weight(kg)	57.67±10.24	57.00±13.21
OP(Lt./Rt.)	8 / 10	7 / 10

^aMean±SD, EG: Experimental group, CG: Control group, OP: Operation

2. 무릎 통증 변화 비교

두 그룹 간 통증은 중재 전, 후에서 통계학적으로 유의한 차이가 나타나지 않았지만, 각 그룹 내 중재 전, 후에서는 유의한 차이가 있었다($p<.05$)(Table 2).

Table 2.
Pain

VAS	EG (n=18)	CG (n=17)	p
Pre-test	5.89±1.81 ^a	6.41±1.42	.347
Post-test	2.67±1.41	2.82±1.29	.733
Difference	3.22±.40	3.59±.13	
p	.000*	.000*	

^aMean(point)±SD, * $p<.05$, EG: Experimental group, CG: Control group, VAS: Visual analogue scale.

3. 발목관절 안쪽번짐 각도

두 그룹 간 발목관절 안쪽번짐 각도에서는 중재 전에서 통계학적으로 유의한 차이가 나타나지 않았고, 중재 후와 각 그룹 내 중재 전, 후에서는 유의한 차이가 있었다($p<.05$)(Table 3).

4. 발목관절 발등굽힘 각도

두 그룹 간 발목관절 발등굽힘 각도에서는 중재 전에서 통계학적으로 유의한 차이가 나타나지 않았고, 중재 후와 각 그룹 내 중재 전, 후에서는 유의한 차이가 있었다($p<.05$)(Table 4).

Table 3.
Ankle joint inversion

AI ROM	EG (n=18)	CG (n=17)	p
Pre-test	27.06±5.36 ^a	28.11±4.46	.528
Post-test	19.72±4.44	24.12±2.57	.001*
Difference	7.34±.92	3.99±1.89	
p	.000*	.000*	

^aMean(°)±SD, * $p<.05$, EG: Experimental group, CG: Control group, AI ROM: Ankle inversion range of motion

Table 4.
Ankle joint dorsi-flexion

ADF ROM	EG (n=18)	CG (n=17)	p
Pre-test	89.33±3.38 ^a	88.41±3.28	.419
Post-test	98.11±3.61	93.47±1.37	.000*
Difference	-8.78±.23	-5.06±1.91	
p	.000*	.000*	

^aMean(°)±SD, * $p<.05$, EG: Experimental group, CG: Control group, ADF ROM: Ankle dorsi-flexion range of motion

5. 균형

균형 평가에서 두 그룹 간 중재 전, 후와 두 그룹 내에서 중재 전, 후 유의한 차이가 있었다($p<.05$)(Table 5).

Table 5.
Balance

WB	EG (n=18)	CG (n=17)	p
Pre-test	.32±.03 ^a	.27±.06	.011*
Post-test	.48±.06	.40±.06	.000*
Difference	-.16±-.03	-.13±.00	
p	.000*	.000*	

^aMean(%)±SD, * $p<.05$, EG: Experimental group, CG: Control group, WB: Weight bearing

6. 보행

두 그룹 간 보행은 중재 전, 후에서 통계학적으로 유의한 차이가 나타나지 않았지만, 각 그룹 내 중재 전, 후에서는 유의한 차이가 있었다($p<.05$)(Table 6).

Table 6.
Walking

10MWT	EG (n=18)	CG (n=17)	p
Pre-test	31.50±5.49 ^a	29.24±5.39	.227
Post-test	22.06±5.89	24.59±5.49	.185
Difference	9.44±-.40	4.65±-.10	
p	.000**	.000**	

^aMean(sec)±SD, * $p<.05$, ** $p<.01$, EG: Experimental group, CG: Control group, 10MWT: 10m walk test

V. 고 찰

본 연구는 TKA를 시행한 환자 중 발목관절이 안쪽변잡되어 있는 환자를 대상으로 선정하여 발목관절에 MWM을 적용하였을 때 무릎 통증, 발목 관절가동범위, 균형, 보행에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

퇴행성관절염 환자에게 TKA는 통증을 감소시키고 신체기능을 향상시키는 수술 방법으로 수술 후 만족도가 높고, 정상적인 생활이 가능하다(Chung과 Kwak, 2008). 체계적이고 전문적인 재활치료는 수술 이후 합병증을 예방하며 신체 회복과 근육 기능 및 기능적 수행 능력의 개선을 위해 필수적이라 할 수 있다(Lim, 2010).

무릎 통증 변화에서 두 그룹 간 통증은 중재 전, 후에서 통계학적으로 유의한 차이가 나타나지 않았지만, 각 그룹 내 중재 전, 후에서는 유의한 차이를 나타내었다. 수술 후 재활 기간이 길어질수록 실험군과 대조군 모두 무릎 통증이 감소되었다.

오래된 자세 습관이나 비정상적인 근육의 불균형으로 신체 중심이 정상적인 범위보다 벗어난 상태가 되고 비정상적인 하지 근육의 안정성 감소로 인한 근골격계 문제를 동반한다고 보고하였다(Gefen 등, 2002). 이에 본 연구는 TKA를 시행하고 발목관절이 안쪽변잡되어 있는 환자의 발목관절에 MWM을 실행하였다. 두 그룹 간 발목관절 안쪽변잡 각도에서는 중재 전에서 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다. 두 그룹 간 평균 차에서는

중재 전, 후에서는 유의한 차이를 나타내었다. 두 그룹 간 평균 차에서는 대조군은 3.99 ± 1.89 이며 MWM을 적용한 실험군은 $7.34\pm.92$ 로 실험군에서 발목관절 안쪽변잡 각도가 감소하였다.

두 그룹 간 발목관절 발등굽힘 각도에서는 중재 전에서 통계학적으로 유의한 차이가 나타나지 않았고, 중재 후와 각 그룹 내 중재 전, 후에서는 유의한 차이를 나타내었다. 두 그룹 간 평균 차에서는 대조군은 -5.06 ± 1.91 이며 MWM을 적용한 실험군은 $-8.78\pm.23$ 로 실험군에서 발목관절 발등굽힘 각도가 증가하였다. 발목관절가동범위가 향상된 것을 보면 발목관절에 MWM 적용 시 환자의 발목 안쪽변잡을 일으키는 근육과 발바닥 굽힘 근육을 신장시키며 가쪽 복사뼈를 상방 및 후방 활주가 관절 내부수적 운동(accessory movement)을 만들어 낸 결과로 생각된다. 반복된 동작으로 발목관절의 움직임이 증가하여 환자분의 능동적인 관절가동범위를 증가시켰다고 생각된다.

균형을 감소시키는 여러 가지 요인 중 발목관절의 관절가동범위 감소와 발목관절에 관련된 근력 약화, 고유수용성 감각의 감소로 보고되고 있다(Skelton과 Nina, 2003). 또한, 선행 연구를 살펴보면 만성적으로 발목의 불안정성이 있는 환자에게 발목의 발등굽힘 관절가동범위의 각도가 동적 균형 능력에 기여한다고 보고하였다(Basnett 등, 2013). 이에 본 연구는 균형 평가에서 두 그룹 간 중재 전, 후와 두 그룹 내에서 중재 전, 후 유의한 차이를 보였으나, 실험군이 대조군보다 더 유의한 균형 능력의 변화를 보였다. 이는 실험군에 적용한 발목관절의 MWM 중재가 발목관절의 발등굽힘 증가와 안쪽변잡각의 감소로 지지대에서 감소된 신체의 질량 중심의 이동 범위를 증가시켜 균형 능력의 증가에 기여했을 것이라 생각된다.

Song과 Park(2021)은 TKR 후 만성기의 여성 노인을 대상으로 무릎관절 신전근에 MET를 적용한 중재가 근력, 관절가동범위, 균형 능력, 보행 능력을 향상시키는데 효과적임을 확인하였다고 하였다. Yoon과 Lee(2021)은 TKA를 받은 환자의 발목관절에 움직임을 동반한 관절가동술을 포함한 일반적인 물리치료를 적용한 실험군에서 보행속도, 보폭, 걸음거리, 발목 발등굽힘 가동범위에서 중재 후 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 선행 연구의 결과로 본 연구는 보행에 영향을 미치는 무릎관절 운동뿐만 아니라 발목관절에 치료 중재를 적용하였다. 두 그룹 간 보행은 중재 전, 후에서 통계학적으로 유의한 차이가 나타나지 않았지만, 각 그룹 내 중재 전, 후에서는 유의한 차이를 나타내었다. 두 그룹 간 평균 차에서는

대조군은 $4.65 \pm .10$ 이며 MWM을 적용한 실험군은 $9.44 \pm .40$ 으로 실험군에서 보행 시간이 감소하였다.

본 연구에서 TKA를 시행한 환자 중 발목의 과도한 안쪽번짐 상태에 있는 환자에게 발목의 관절 가동술을 적용하여 발목 관절가동범위, 균형, 보행에 미치는 변화를 살펴보았다. 본 연구의 제한점은 첫째, 대상자가 대전 소재의 병원에서 TKA를 받은 환자로 국한되어 실험의 결과를 일반화하기 어려움이 있다. 둘째, TKA 후 4주에 걸친 짧은 기간의 변화로 이후 추적관찰을 하지 않아 장기적 효과를 알 수 없었다. 셋째, 발목관절의 부정렬 중 가쪽번짐 환자는 제외하고 안쪽번짐 환자만 대상으로 했기 때문에 발목관절의 부정렬에 대한 전체적인 연관 관계를 명확하게 입증하기에는 부족하였다.

따라서 TKA 후 하지의 부정렬 중 발목 가쪽번짐 환자에 관한 연구도 추후 필요할 것으로 생각되며, 장기적인 추적관찰을 통해 TKA 환자의 하지 정렬에 대한 중재 필요성을 뒷받침할 수 있는 근거를 만드는 연구가 필요한 것으로 생각된다.

VI. 결 론

본 연구는 TKA를 시행한 환자 중 발목관절이 안쪽번짐되어 있는 35명을 대상으로 발목관절에 MWM을 적용하여 무릎 통증, 발목 관절가동범위, 균형, 보행의 변화를 확인하고자 하였다.

1. 통증은 중재 전, 후에서 통계학적으로 유의한 차이가 나타나지 않았지만, 각 그룹 내 중재 전, 후에는 유의한 차이를 나타내었다.
2. 두 그룹 간 발목관절 안쪽번짐 각도에서는 중재 전에서 통계학적으로 유의한 차이가 없었고, 중재 후와 각 그룹 내 중재 전, 후에는 유의한 차이를 나타내었다. MWM을 적용한 경우 휴식 시 발목관절 안쪽번짐 각도가 대조군보다 감소하였다.
3. 두 그룹 간 발목관절 발등굽힘 각도에서는 중재 전에서 통계학적으로 유의한 차이가 없었고, 중재 후와 각 그룹 내 중재 전, 후에는 유의한 차이를 나타내었다.
4. 균형 평가에서 두 그룹 간 중재 전, 후와 두 그룹 내에서 중재 전, 후 유의한 차이를 보였으나, 실험군이 대조군보다 더 유의한 균형 능력의 증가를 보였다.
5. 두 그룹 간 보행은 중재 전, 후에서 통계학적으로 유의한 차이가 나타나지 않았지만, 평균 차에서는 실험군에서 보행 시간이 감소하였다. 각 그룹 내

중재 전, 후에는 유의한 차이를 나타내었다.

위의 결과를 토대로 TKA를 시행한 발목관절이 안쪽번짐되어 있는 특정 환자를 대상으로 발목관절에 MWM을 시행한 실험군이 통증, 발목 관절가동범위, 균형, 보행에 효과적임을 확인할 수 있었으며 임상에서 TKA 후 발목관절의 부정렬 환자 치료의 기초자료로 제시할 수 있다고 생각된다.

참고문헌

- Bae CH, Jung YW, Lee DW, et al. The effect of sling exercise on muscular strength and range of motion in female patients who received total knee replacement. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*. 2014;15(7):4395-4403. <https://doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.7.4395>.
- Bae SY, Kim HC, Park YS, et al. Radiologic evaluation of change of ankle joint after total knee arthroplasty. *J Korean Foot Ankle Soc*. 2007;11(2):135-140.
- Basnett RC, Michael JH, Todd JW, et al. Ankle dorsiflexion range of motion influences dynamic balance in individuals with chronic ankle instability. *Int J Sports Phys Ther*. 2013;8(2):121-128.
- Byun JE. The Correlation between Preoperative Lower Extremity Alignment and Hindfoot Alignment in Total Knee Arthroplasty Patients. Ulsan University. Master Thesis. 2012.
- Chung MS, Kwak HS, Effects of a muscle strengthening exercise program after total knee arthroplasty. *J Korean Acad Soc Nurs Educ*. 2008;14(1):20-29. <https://doi.org/10.5977/JKASNE.2008.14.1.020>.
- Dennis DA, Komistek RD, Mahfouz MR, et al. Multicenter determination of in vivo kinematics after total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2003;(416):37-57. <http://doi:10.1097/01.blo.0000092986.12414.b5>.
- Ensini A, Catani F, Leardini A, et al. Alignment and clinical resylt in conventional and

- navigated total knee arthroplasty. Clin Orthop Relat Res. 2006;457:156-162. <https://doi.org/10.1097/BLO.0b013e3180316c92>.
- Felson DT, Zhang Y. An update on the epidemiology of knee and hip osteoarthritis with a view to prevention. Arthritis Rheum. 1998;41(8):1343-1355. [https://doi.org/10.1002/1529-0131\(199808\)41:8<1343::AID-ART3>3.0.CO;2-9](https://doi.org/10.1002/1529-0131(199808)41:8<1343::AID-ART3>3.0.CO;2-9).
- Gefen A, Megido-Ravid M, Itzhak T, et al. Analysis of muscular fatigue and foot stability during high-heeled gait. Gait Posture. 2002;15(1):56-63. [http://doi.org/10.1016/S0996-6362\(01\)00180-1](http://doi.org/10.1016/S0996-6362(01)00180-1).
- Haaker RG, Stockheim M, Kamp M, et al. Computer-assisted navigation increases precision of component placement in total knee arthroplasty. Clin Orthop Relat Res. 2005;433:152-159. <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000150564.31880.c4>.
- Keenan MA, Peabody T, Gronley J, et al. Valgus deformities of the feet and characteristics of gait in patients who have rheumatoid arthritis. J Bone Joint Surg Am. 1991;73(2):237-247.
- Kim SY. Comparison of the difference of weight-bearing distribution between subjects with low back pain and healthy subjects. Physical Therapy Korea. 2001;8(1):1-8.
- Kim HS, Jeong YH. A Comparison of knee and ankle coronal plane alignment according to quadriceps exercise method in early phase of total knee arthroplasty: Lower extremity isometric co-contraction and quadriceps isolated isometric contraction. Phys Ther Korea. 2016;23(1):20-30. <https://doi.org/10.12674/ptk.2016.23.1.020>.
- Konradsen L. Factors contributing to chronic ankle instability. Kinaesthesia and joint position sense. J Athl Train. 2002;37(4):381-385.
- Lim SJ. The Effects of Balance and Ability in the Pre-Post Operation Patients with Degenerative Knee Osteoarthritis After Bio-feedback Exercise. Daegu University. Master Thesis. 2010.
- 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>.
- National Health Insurance Service. Main Surgery Statistical Yearbook 2022. 2023. <https://www.nhis.or.kr>.
- Ouellet D, Moffet H. Locomotor deficits before and two months after knee arthroplasty. Arthritis Rheum. 2002;47(5):484-493. <https://doi.org/10.1002/art.10652>.
- Piva SR, Gil AB, Almeida GJ, et al. A blance exercise program appears to improve function for patients with total knee arthroplasty: A randomized clinical trial. Phys Ther. 2010;90(6):880-894. <https://doi.org/10.2522/ptj.20090150>.
- Rand JA, Coventry MB. Ten-year evaluation of geometric total knee arthroplasty. Clin Orthop Relat Res. 1998;232:168-173.
- 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 Orthop. 2005;76(2):253-260. <http://doi.org/10.1080/00016470510030661>.
- Saragaglia D. More than 20 Years Navigation of Knee Surgery with the Orthopilot Device. In: Abedin-Nasab MH, Editor. Handbook of Robotic and Image-guided Surgery. Elsevier. Amsterdam. 2020:425-441.
- Schai PA, Thornhill TS, Scott RD. Total knee arthroplasty with the PFC system. Results at a minimum of ten years and survivorship analysis. J Bone Joint Surg Br. 1998;80(5):850-858. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.80b5.8368>.

- Skelton DA, Nina B. Exercise and injury prevention in order people. *Scand J Med Sci Sports*. 2003;13(1):77-85. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2003.00300.x>.
- Song HB, Park GH. Effects of muscle energy technique on knee extensor muscle strength, knee range of motion, balance, and walking ability in elderly women during the chronic phase after total knee replacement. *Kor Acad Ortho Man Phys Ther*. 2021;27(2):55-67. <https://doi.org/10.23101/kaompt.2021.27.2.55>.
- Steffen TM, Hacker TA, Mollinger L. Age-and gender-related test performance in community dwelling elderly people: Six-minute walk test, berg balance scale, timed up & go test, and gait speeds. *Phys Ther*. 2002;82(2):128-137. <http://doi.org/10.1093/ptj/82.2.128>.
- Tallroth K, Harilainen A, Kerttula L, et al. Ankle osteoarthritis is associated with knee osteoarthritis. Conclusions based on mechanical axis radiographs. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2008;128(6):555-560. <https://doi.org/10.1007/s00402-007-0502-9>.
- Wagner DR, Tatsugawa K, Parker D, et al. Reliability and utility of a visual analog scale for the assessment of acute mountain sickness. *High Alt Med Biol*. 2007;8(1):27-31. <https://doi.org/10.1089/HAM.2006.0814>.
- Yoon JD, Lee JN. The effects of ankle mobilization with movements on the ankle range of motion, balance, and gait of patients after total knee arthroplasty. *Kor Acad Ortho Man Phys Ther*. 2021;27(1):52-62. <https://doi.org/10.23101/kaompt.2021.27.1.51>.
- Yun JY, Lee JK. Effects of a thera-band exercise program on pain, knee flexion ROM, and psychological parameters following total knee arthroplasty. *J Korean Acad Nurs*. 2015;45(6):823-3. <http://doi.org/10.4040/jkan.2015.45.6.823>.
- 논문접수일(Date received) : 2024년 07월 22일
논문수정일(Date Revised) : 2024년 07월 24일
논문게재확정일(Date Accepted) : 2024년 08월 21일