

Original Article

슬관절 전치환술 후 만성기 여성 노인의 슬관절 신전근에
근에너지기법이 근력, 관절가동범위, 균형, 보행능력에 미치는 영향

송형봉, 박근홍¹⁾

아산사회복지재단 보성아산병원, 첨단우암병원 재활센터¹⁾

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

Hyoung-bong Song, Gun-hong Park¹⁾

Dept. of Physical Therapy, Boseong Asan Hospital, Asan Foundation

Dept. of Physical Therapy, Chumdan Wooam Hospital Rehabilitation Center¹⁾

ABSTRACT

Background: This study aimed to use the muscle energy technique (MET) with total knee replacement (TKR) during the chronic phase in a clinical setting and confirm its effects on the knee extensor strength and ROM, balance, and walking ability.

Methods: A total of 20 female patients who underwent TKR 1~4 years ago were assigned to two groups (Control: Q setting exercise+general physical therapy, n=10; Exp: MET+general physical therapy, n=10). Interventions were performed three times a week for 4 weeks. The strength of the knee extensor was evaluated using an aneroid sphygmomanometer, and ROM was evaluated using degrees at the end range on active knee flexion. The main balance outcomes were evaluated using two standard scale (TSS) and timed up and go (TUG) test, whereas the walking ability was evaluated using the 10 meter walk test (10MWT).

Results: Analysis showed that both groups had significant increases in strength, ROM, TSS, TUG, and 10MWT. Differences in all variables were significant between the control and Exp groups at the post-intervention evaluation ($p<.05$). However, no significant difference was observed in strength and TUG.

Conclusion: Results of this study demonstrated that MET would help improve the strength, ROM, balance, and walking ability of patients with chronic TKR who want to enhance their abilities and performance in activities of daily living.

Key Words:

Total knee replacement, Muscle Energy Technique, Q setting exercise, Balance, Walking

I. 서론

우리나라의 노인 인구는 2017년 13.8%로 이미 고령 사회에 진입하였고, 2021년에는 전체 인구 중 65세 이상 고령자가 16.5%를 차지하였다. 통계청 장래인구 특별 추계에 따르면 노인 인구는 2050년까지 지속적으로 증가하여 2060년에는 65세 노인 인구가 차지하는 구성비가 43.9%가 될 것이라 전망하고 있다(Korea Statistics, 2021).

이러한 인구의 고령화에 따라 여러 가지 노인성 질환과 관련한 문제 또한 증가시키는데 그 중 가장 흔한 노인성 질환은 퇴행성 골관절염으로(Hur, 2008), 65세 이상 고령자의 46개 만성질환 순위별 유병 분포에서 4위를 차지하고 있으며, 여성 노인의 50% 이상에서 유병율을 보이며, 노인의 건강과 삶의 질을 위협하는 주요 건강문제로 거론되고 있다(Jung 등, 2013). 그 중 슬관절의 골관절염 환자는 전체 퇴행성 골관절염 환자의 40%를 차지하고 있다(Park 등, 2019). 슬관절염 치료는 우선 체중조절, 운동요법, 약물요법, 물리치료 등을 적용하나, 지속적인 통증과 염증, 무릎관절의 변형이 오는 등 증상의 호전이 없는 경우 주로 슬관절 전치환술(total knee replacement: TKR)을 시행한다(Crowninshield 등, 2006; Gidwani 등, 2003).

TKR은 슬관절염 환자들에게 널리 적용된 보편적인 수술방법으로 노령인구가 증가함에 따라 TKR을 받는 대상자 또한 증가하는 추세이다(Health Insurance Review & Assessment Service, 2018). 건강보험 주요 수술통계에 따르면 2019년 우리나라에서 TKR을 시행한 60세 이상 인구 중 남성 13,048명, 여성 62,779명으로 여성의 수술 인원이 남성의 수술 인원보다 약 4.8배로 더 많았으며(Korea Statistics, 2019), 이러한 추세로 미루어 보아 여성 노인에게서의 TKR 후 재활과 관리가 임상적으로 중요하게 거론될 것이라 예상된다.

수술을 받은 환자 중 93%는 통증의 경감, 경직의 완화 및 이동성의 호전을 보이는 긍정적인 결과를 보이는 반면(Kim, 2004), 수술 후 관절가동범위의 제한 및 근위축 같은 수술 후 초기 합병증을 남기게 되어 일상생활에서의 삶의 질을 떨어뜨린다(Leijtens 등, 2014; Hailer 등, 2007). Choi 등(2006)의 연구에서 우리나라 환자들이 슬관절 후 가장 아쉬워하는 점에 대한 결과를 보면 쪼그려 앉는 등 굴곡 범위의 제한을 불편한 점으로 토로한다고 하였다. 따라서 TKR 후 후유증을 예방하기 위해서는 적극적인 재활과정이 필수적이다(Ham, 2012).

수술 후 재활과정으로는 지속성 수동운동(continuous passive motion)과 근력 강화 운동, 그리고 균형훈련 등이 시행되며, 그 중 대퇴사두근의 회복은 슬관절의 체중부하와 안정성 및 정상적인 기능수행에 있어서 매우 중요한 요소이다(Han, 2010; MacDonald, 2000). 또한, Berman 등(1991)은 TKR 후 굴곡근의 근력은 12개월이 지나면 건측과 비슷하게 회복되나 신전근의 근력은 24개월이 지나도 여전히 약화된 상태이므로 수술 후 신전근 재활이 중요하다고 하였다.

슬관절 근육의 강화를 목적으로 제시되는 여러 방법 중 대퇴사두근 근고정 운동(quadriceps femoris muscle setting exercise)이라고 불리는 등척성 운동이 불용성 위축으로 인한 근 약화 시 근력증가나 근력 및 근지구력 증가와 같은 목적으로 적용할 수 있고, 관절가동범위 및 근 재교육과 근위축 방지에 있어서 효과적인 방법으로 재활에 광범위하게 사용된다(Kisner와 Coby, 2002). Kim 등(2008)의 연구에서 대퇴사두근의 4주간 등척성 운동 적용 시에 유의한 근력증가가 있었고, Park 등(2012)은 TKR 초기 노인을 대상으로 대퇴사두근 근고정 운동 적용 후 근력과 보행에서 유의한 향상이 있다고 하였다.

한편, 슬관절의 퇴행성 관절염과 수술 과정 중 물리적인 조직손상으로 인한 기계적 수용기의 소실과 통증으로 인한 일상생활작업의 감소는 하지의 고유수용성 감각을 저하시키고, 이에 따라 균형조절능력도 저하된다(Kaplan 등, 1985; Barrack 등, 1983). 따라서 고유수용성신경근 촉진법(proprioceptive neuromuscular facilitation)과 같은 관절과 근육의 고유수용감각기를 자극하여, 환자의 능동적인 참여와 기능적인 동작이 포함된 치료과정이 효과적이다(Kim, 2011).

근에너지기법(muscle energy technique: MET)은 많은 전문치료사들에게 근육에 대한 중재 방법으로 선택되는 방법으로 PNF와 유사하며 능동적인 근이완 기법으로 근육의 확장성을 높이는 데에 효과적이며, 단축된 관절낭과 관절낭 주위 조직을 신장시키고, 점탄성과 형태변화를 이끌어 내어 통증 감소, 관절가동범위 증가를 가져온다(Moore 등, 2011; Ballantyne 등, 2003). 근육의 리드미컬한 수축을 통해 고유수용성 피드백과 운동 조절 및 학습에 영향을 주며, 근육에 가해지는 힘과 양을 환자 스스로 조절할 수 있어(Fryer, 2011), 노인환자에게 안전하고 효과적으로 중재를 제공할 수 있다(Demirel 등, 2019).

하지만 선행연구에서 대부분 TKR 전 조기 훈련이나 수술 후 초기재활 훈련에 대한 연구와 재활과정을 대퇴

사두근의 근력강화와 관절가동범위 증가, 균형훈련에 초점을 둔 연구가 주를 이루었다. 또한, 슬관절 전치환술 후 만성기 환자를 대상으로 한 연구가 부족한 실정이며, 노인을 대상으로 한 MET에 관한 연구 또한 부족한 실정이다.

따라서, 본 연구는 TKR 시행 후 만성기 여성 노인의 슬관절 신전근에 MET 적용이 근력과 관절가동범위, 균형, 보행능력에 대한 전반적인 효과를 알아보고 임상적인 치료접근 방법에 기초를 제시하고자 연구를 진행하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

연구대상자는 B군에 소재한 B병원에 내원한 60세 이상의 편측 TKR을 시행한 여성 노인 20명을 대상으로 시행하였다. 연구대상자 선정기준은 다음과 같다.

골관절염으로 편측 TKR 시행 후 1년 이상 경과한 자, TKR 이외에는 다른 수술을 하지 않은 자, 하지의 신경학적 손상이 없는 자, 전신성 질환이 없는 자로 하였다.

제외 기준은 척추질환 및 하지의 다른 근골격계 질환이 있는 자, 당뇨 및 심뇌혈관 질환 병력이 있는 자, 인지능력 저하로 중재 과정을 이해하고 따르기 어려운 자는 제외하였다.

중재 전에 연구대상자에게 중재 방법을 소개하고 연구 목적과 중재 과정 및 사전, 사후 측정방법과 개인정보 보호에 대해 설명하였으며, 연구 참여에 대한 동의를 받은 후 진행하였다. 중재 도중 대상자가 원하면 언제든지 중단할 수 있음을 알렸으며, 본 연구에 참여로 발생하는 불이익이 없음을 설명하였다.

2. 연구방법

본 연구는 중재 전과 중재 후의 비교 연구방법으로 시행하였다. 무작위로 실험군과 대조군으로 배정하였으며, 중재는 1일 30분 주 3회, 총 4주간 진행하였다. 대조군은 Q setting exercise(quadriciceps femoris muscle setting exercise)와 일반적인 물리치료, 실험군은 MET와 일반적인 물리치료를 적용하였다. 대조군과 실험군에 적용한 일반적인 온열치료(HOTPACK, 구일, Korea)를 30분, 저주파치료(ES-320, ITO, Japan)를 15분간 적용하였다. 근에너지기법의 효과를 알아보기 위해 중재 전

과 중재 후 슬관절 신전근의 근력과 관절가동범위, 균형 검사, 보행검사를 시행하였다.

1) 대퇴사두근 고정 운동(Quadriceps femoris muscle setting exercise)

환자는 바로 누운 상태(supine position)에서 수술 한 쪽의 발목을 고정하고, 대퇴사두근의 등척성 수축을 유발한다. 이때 환자의 슬와부에 수건을 넣어 등척성 수축에 대한 피드백을 제공한다. 수축을 7초 수행 후 5초 휴식하고 5회 반복을 1세트로 한다. 세트당 휴식시간은 1분, 총 2세트를 시행한다(Yun, 2016)(Figure 1).



Figure 1. Quadriceps femoris muscle setting exercise(Q setting exercise)

2) 근에너지기법

상호억제와 등척성 수축 후 이완을 각각 단독으로 적용하는 것보다 두 방법을 조합하여 적용하는 것이 유의한 효과가 있다(Singh 등, 2017)는 선행 연구를 참고하여, 상호억제와 등척성 수축 후 이완을 교대로 적용하였다.

(1) 상호억제(Reciprocal inhibition)

환자는 엎드린 상태(prone position)에서 보상운동을 억제하기 위해 골반과 대퇴 후부를 벨트로 고정한다. 치료사는 슬관절을 굴곡시켜 제한장벽에서 약간 멀어지게 하고, 원위경비관절 후부를 고정한다. 환자는 슬관절 신전근을 수축하여 사용할 수 있는 힘의 약 20% 미만으로 사용하도록 교육한다. 수축을 7초 수행 후 5초 휴식하고 5회 반복을 1세트로 한다. 세트당 휴식시간은 1분, 총 2세트를 시행한다. 유지 후 이완하고 이후 새로운 제한장벽을 확인하고 이를 반복한다(Chaitow와 Crenshaw, 2006)(Figure 2).



Figure 2. Reciprocal inhibition

(2) 등척성 수축 후 이완(Post isometric relaxation)

환자는 엎드린 상태(prone position)에서 보상운동을 억제하기 위해 골반과 대퇴후부를 벨트로 고정한다. 치료사는 슬관절을 굴곡시켜 제한장벽에서 약간 멀어지게 하고, 원위경비관절 전부를 고정한다. 환자는 슬관절 신전근을 수축하여 사용할 수 있는 힘의 약 20% 미만으로 사용하도록 교육한다. 수축을 7초 수행 후 5초 휴식하고 5회 반복을 1세트로 한다. 유지 후 이완하고 이후 새로운 제한장벽을 확인하고 이를 반복한다. 세트당 휴식시간은 1분, 총 2세트를 시행한다(Chaitow와 Crenshaw, 2006)(Figure 3).



Figure 3. Post isometric relaxation

3. 평가도구 및 측정 방법

1) 슬관절 신전근의 근력 및 관절가동범위

(1) 슬관절 신전근 근력 측정

혈압계를 이용한 근력 측정은 적용이 간단하고 비용이 적게 들며 객관적인 측정을 제공한다(Souza 등, 2014). 임상에서 중량을 이용하여 측정하는 방법보다 근육 평가에서 더 합리적이며(Helewa 등, 1981), 슬관절 굴곡근과 신전근의 근력평가에 높은 신뢰도와 타당도를 갖는다(Mondin 등, 2018; Delgado 등, 2004; Piao 등, 2004).

엎드린 자세(Prone position)에서 골반과 대퇴 후부를 벨트로 고정하고, 무릎을 20° 굴곡시키고 원위경비관절 전부에 혈압계(HS-20A, Honsun, China)의 공기주머니를 100mmHg로 압력을 유지시킨 후 슬관절 신전근의 수축을 유도하여 5초간 유지하고 이완시켜 10초간 휴식 시간을 갖는다. 이를 2회 실시하여 높은 측정치를 선택하였다(Kim, 2003)(Figure 4).

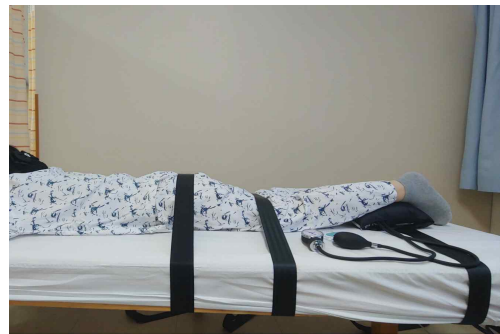


Figure 4. Strength of knee extensor

(2) 관절가동범위(Range of motion)

슬관절 굴곡의 능동 관절가동범위는 슬관절 전치환술 후 재활 프로토콜에서 회복의 전반에 걸친 진행의 지표로 널리 이용되며(Kittelson 등, 2020; Peter 등, 2014), 측정자 내 신뢰도는 환자를 평가하는 경험이 풍부한 검사자의 경우 r=.97, 경험이 없는 검사자의 경우 r=.96으로 신뢰할 만하다(Jakobsen 등, 2010).

고관절의 보상이 나타나지 않도록 엎드린 자세(Prone position)에서 골반과 대퇴 후부를 벨트로 고정한다. 슬관절의 능동관절가동범위의 최대 굴곡 시 각도를 측정한다(Figure 5).

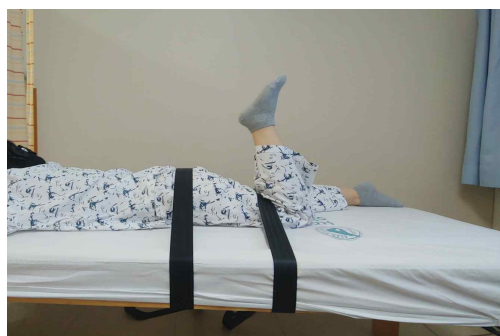


Figure 5. Knee flexion active range of motion

2) 균형능력 측정

(1) TSS(Two standard scale)

선 자세에서의 체중의 중심위치와 체중부하 정도를 정량화하는 방법(Shumway-Cook과 Woollacott, 2007)으로, 2개의 체중계를 사용하여 양측의 체중에 차이가 있는지를 측정하는 방법이다. 디지털 체중계를 이용한 정적상태의 비대칭 체중부하를 측정할 때 $r=.98$ 의 우수한 신뢰성을 보여준다(Kumar 등, 2014).

정확한 측정을 위해 디지털 체중계(XSC-301, FIX, China)를 바닥이 견고한 수평면 위에 놓고 측정하였다. 대상자의 실험 전과 실험 후 체중 변화를 고려하여 측정값은 {환측 체중/(환측 체중+건측 체중)} $\times 100(\%)$ 으로 환산하였다.

(2) 일어서 걷기 검사(Timed up and go test: TUG)

TUG는 대상자의 기본적인 균형과 운동성을 빠르게 측정할 수 있는 검사방법으로 측정자 내 신뢰도는 $r=.99$ 이고, 측정자간 신뢰도는 $r=.98$ 로 신뢰할 만한 도구이다(Podisadlo와 Richardson, 1991). 이 방법은 팔걸이가 있는 의자에 앉아서 시작하여 3m 거리를 걸어서 다시 되돌아와 의자에 앉는 시간을 측정하는 방법이다.

측정값이 대부분의 정상 성인은 10초 이하, 허약한 노인이나 불능을 가진 사람은 11~20초, 20초 이상은 기능적인 운동 손상을 의심한다. TUG는 낙상 위험을 예측하기 위해 노인의 균형능력과 기능적인 운동능력 평가에 사용되고, 최근에는 허약한 노인뿐만 아니라, 뇌졸중, 파킨슨질환, 관절염질환이 있는 환자의 평가에도 활용되고 있다(Morris, 2001).

3) 보행능력 측정

보행능력을 알아보기 위해 10m 걷기 검사(10M walk test: 10WMT)를 시행하였다. 대상자에게 일직선상의 14m 거리를 편안한 속도로 걷도록 하였으며, 감속과 가속을 고려하여 보행의 시작과 끝 2m를 제외한 나머지 중간구간의 10m의 보행 속도를 측정하였다. 10WMT는 보행능력과 수행능력을 예측할 수 있는 방법으로, 높은 신뢰도($r=.97$)를 보이는 측정방법이다(Hunt 등, 1981)

4. 분석방법

본 연구에서 측정된 자료는 IBM SPSS Statistics for Windows Ver.26(IBM Corp, NewYork, USA) 통계프로그램을 사용하였다. Shapiro-Wilks 검정방법을 통해

연구대상자의 정규성 분포 검증을 하였고, 집단 간의 동질성을 확인하기 위해 독립표본 t-검정과 χ^2 검정을 실시하였다.

대상자의 일반적인 특성은 기술통계량을 이용하여 평균과 표준편차를 구하였다. 중재 전과 후 비교는 대응표본 t-검정으로 통계처리하였고, 두 그룹 간 집단비교는 독립표본 t-검정을 이용하여 분석하였다. 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 정하였다.

III. 연구결과

1. 연구대상자의 일반적인 특성

연구대상자의 일반적인 특징으로 대조군의 나이는 69.5 ± 4.55 세, 신장은 152.09 ± 6.71 cm, 체중은 61.41 ± 7.18 kg, 수술 후 경과 기간은 23.7 ± 8.01 개월이었다. 실험군의 나이는 67.2 ± 4.12 세, 신장은 152.80 ± 8.16 cm, 체중은 60.38 ± 7.50 kg, 수술 후 경과시간은 24.1 ± 8.92 개월이었다.

두 그룹 간 일반적인 특성에서 유의한 차이는 없었다($p>.05$)(Table 1).

Table 1.
General characteristics of the subject

Variables	Control(n=10)	Exp(n=10)	$\chi^2/t(p)$
Age (yrs)	69.5 ± 4.55^a	67.2 ± 4.12	1.160(.261)
Height (cm)	152.09 ± 6.71	152.80 ± 8.16	-.213(.834)
Weight (kg)	61.41 ± 7.18	60.38 ± 7.50	.314(.757)
Post TKR (months)	23.7 ± 8.01	24.1 ± 8.92	-.105(.917)
Surgical side (R/L)	8/2	7/3	.279(.606)

^aMean \pm SD

Control group: Q setting exercise+general physical therapy, Exp group: MET+general physical therapy

2. 슬관절 신전근의 근력 및 관절가동범위 변화

1) 근력 변화 비교

근력의 변화 비교에서 대조군과 실험군 모두 중재 전과 후 비교에서 유의한 향상이 있었고($p<.001$), 그룹 간 비교에서 유의한 차이가 없었다($p>.05$)(Table 2).

2) 관절가동범위 변화 비교

관절가동범위의 변화 비교에서 대조군과 실험군 모두 중재 전과 후 비교에서 유의한 향상이 있었고 (p<.01)(p<.001)(Table 2), 그룹 간 비교에서 유의한 차이가 있었다(p<.05)(Table 2).

3. 균형능력 변화

1) Two Standard Scale 변화 비교

변화 비교에서 대조군과 실험군 모두 중재 전과 후 비교에서 유의한 향상이 있었고(p<.01)(p<.001), 그룹 간 비교에서 유의한 차이가 있었다(p<.05)(Table 2).

2) 일어서 걷기 검사 변화 비교

TUG의 변화 비교에서 대조군과 실험군 모두 중재 전과 후 비교에서 유의한 향상이 있었고(p<.05)(p<.001), 그룹 간 비교에서 유의한 차이가 없었다(p>.05).(Table 2).

4. 보행능력 변화

10WMT의 변화 비교에서 대조군과 실험군 모두 중재 전과 후 비교에서 유의한 향상이 있었고(p<.01), 그룹 간 비교에서 유의한 차이가 있었다(p<.05).(Table 2).

IV. 고찰

본 연구는 근에너지기법이 TKR 후 1년 이상의 여성

노인을 대상으로 슬관절 신전근의 근력, 근길이, 균형능력, 보행능력 향상에 대한 유용성을 알아보려고 하였다.

TKR의 모든 재활 프로토콜의 목표는 통증을 조절하고, 운동범위를 최대화하고, 근력을 증진시키고, 보행을 개선하여 환자의 일상생활에서의 정서적인 지원을 제공하는 것이다(Ranawat 등, 2003).

Heiberg 등(2010)은 63명의 TKR 환자들을 9개월 동안 평가한 결과, 통증 척도에서는 일반인과 같은 수준으로 나타났지만, 상당수의 환자가 여전히 활발한 활동을 수행하는데 문제가 있다고 보고하였다. TKR 이후 일상생활의 정상적인 활동을 달성하는 데 보편적으로 슬관절 120° 굴곡을 목표로 하지만(Laubenthal 등, 1972), TKR 환자는 수술 전 병태학적인 요소와 수술 후 후유증으로 굴곡구축이 나타난다(Chung 등, 1997). Cheng 등(2007)은 TKR 1년 후 여성 200명, 남성 123명에 대한 추이 연구결과 굴곡구축이 평균 11°라고 하였고, Cho 등(1995)은 TKR 최단 1년에서 최장 6년 2개월 후 95명의 환자를 대상으로 연구한 결과 슬관절의 최대 굴곡이 감소했다고 하였다. 이러한 수술 후 슬관절 가동성의 감소는 대퇴사두근의 기능과 연관성이 있으며, 관절가동범위와 통증과는 유의한 연관성은 없다(Mizner 등, 2005; Miner 등, 2003).

TKR 환자의 기능회복은 6~12개월 후 최고조에 이르며 이후 전형적으로 연령과 관련하여 기능이 빠르게 감소한다(Petterson 등, 2009; Yoshida 등, 2008). Farquhar 등(2008)은 TKR 후 1년 동안 Sit to stand 동작을 분석한 결과 환자들은 운동, 힘, 기능적인 성능의 대칭성이 개선되었다. 하지만 대퇴사두근이 근력이 향상됨에 따라 고관절 신전 모멘트를 사용하고 대퇴사두근

Table 2. Comparison of control group and experimental group

Variables	Control group(n=10)		t ¹	Exp group(n=10)		t ¹	t ²
	Pre-test	Post-test		Pre-test	Post-test		
Strength(mmHg)	28.4±4.38 ^a	52.1±7.46	-10.791***	29.3±3.56	46.1±5.13	-6.874***	2.096
ROM(°)	82.1±6.71	87.9±5.09	-4.990**	80.3±7.34	92.9±3.45	-7.113***	-2.573*
TSS(%)	40.34±2.90	42.55±2.86	-4.456**	39.33±3.06	44.99±2.09	-7.310***	-2.173*
TUG(sec)	10.03±1.30	9.35±.71	2.890*	10.98±1.15	9.12±.74	6.358***	.725
10MWT(sec)	19.54±3.58	18.16±3.35	5.284**	18.54±3.33	15.03±2.04	4.229**	2.520*

^aMean±SD, *p<.05, **p<.01, ***p<.001 t¹:Between group comparison, t²: Within group comparison

Control group: Q setting exercise+general physical therapy, Exp group: MET+general physical therapy, TSS: Two standard scale, TUG: Timed up and go test, 10MWT: 10m walk test

사용을 회피하려는 전략으로 채택하려고 하였는데 이러한 패턴은 재교육 없이는 해결되지 않는 학습된 움직임이라고 하였다. Mizner 등(2003)은 TKR 후 대퇴사두근의 조절이 기능회복에 영향을 미치고, 자발적인 운동에만 초점을 맞춘 재활프로그램은 대퇴사두근의 뚜렷한 활성화화를 보이지 않으므로 대퇴사두근의 활성화 개선에 초점을 맞춘 재활이 중요하다고 하였다.

본 연구에서 4주간 슬관절 신전근에 MET를 적용한 결과, 슬관절 주변의 근육이나 건과 같은 결합조직이 최대의 신장된 자세에서 근육의 수축-이완의 반복으로 점탄성을 개선하여 크리프(creep)현상 처럼 관절가동범위가 증가했다고 생각한다.

Barkha 등(2020)이 초기 4주간 TKR 환자 42명의 신전근에 MET와 근력 강화 프로그램을 적용한 그룹과 MET를 적용한 그룹에서 모두 관절가동범위가 유의하게 증가했다는 결과와 Sandeep(2020)의 연구에서 슬관절 전치환술 환자 20명의 대상자에게 MET를 중재한 그룹에서 관절가동범위와 근력 모두 향상되었다는 연구결과들은 본 연구결과와 유사하였다($p < .05$).

슬관절 근력은 체중 지지 시 충격흡수와 체중수용을 수행한다. 이때의 슬관절 굴곡이 대퇴사두근의 구심성 수축에 의해 조절되며, 초기 유각기(preswing) 동안 슬관절 굴곡은 발이 지면에 걸리지 않도록 하지의 길이를 짧게 해준다. 체중 부하기에 슬관절이 15° 굴곡 상태에서 외부에서 작용하는 슬관절 굴곡 모멘트에 대항하여 대퇴사두근의 수축이 내부의 신전 모멘트로 작용한다.

근력약화와 위치감각 저하는 협응 능력의 상실을 가져온다(Maki 등, 1991). 위치감각은 시각적인 도움 없이 신체분절의 위치를 평가하는 능력으로(Bouet와 Gahery, 2000), 특히 관절 수용기와 근 수용기는 관절의 정교한 움직임과 근육의 기능상태 변화를 감지한다(Katayama 등, 2004). 그리고 관절의 위치를 인지하여 사지를 운동에서 관절의 각도를 재현할 수 있도록 한다(Cheng 등, 2010). 특히 관절의 위치감각은 기능적 안정성을 유지하는데 중요한 역할을 한다(Witchalls 등, 2012).

TKR 환자에서 보행능력 저하는 위치감각 조절 능력의 부분적 소실과 근육 수축력 불균형 때문이고(Scott 등, 2000; Andriacchi, 1993), 관절 손상 후 피부, 근육, 건 그리고 관절을 이루는 구조물에서의 기계적 수용기로부터 전달되는 감각정보의 결손이 관절의 안정성을 유지하는 중요한 요소를 방해한다(Robert 등, 2007).

또한, 나이가 들수록 길항근에 작용하는 상호억제 기전이 소실되어 주동근과 길항근의 동시 수축의 활성화도가 증가하고(Kagamihara와 Tanaka, 1996), 이는 정상적

인 관절의 운동을 방해하고 민첩성을 요구하는 수행능력을 저하시킨다(Blackwell과 Cole, 1994). 그러므로 관절에서 수의적 또는 불수의적인 운동을 유도 및 촉진이 근방추에 의해 균형과 관련한 운동조절영역에 기초 정보를 제공한다(Torres 등, 2012; Gooley 등, 2000).

주동근의 등척성 수축이 골지힘줄기관의 Ib 구심성 신경섬유를 자극하여 건에서의 긴장성이 척수 전각으로 전달되어 주동근의 α -운동신경원을 억제하고 길항근의 α -운동신경원을 활성화시키는 자가억제를 일으킨다(Chaitow와 Crenshaw, 2006). 또한, 상호억제가 같이 일어나 길항근의 근 활성화도가 증가한 것으로 생각되며, 주동근 이완으로 근 긴장도가 감소하여(Magnusson 등, 1998) 근 활성화도 증가가 나타난다. 이에 대퇴사두근과 슬관절 사이의 불균형이 감소한 것으로 생각한다.

TKR 환자 20명의 대상자에게 MET를 중재한 그룹에서 퇴행성 관절염 및 고관절염 평가 척도(Western Ontario & McMaster universities; WOMAC)가 향상되었다(Sandeep, 2020)는 선행 연구결과 또한, WOMAC이 일상생활 동작 수행의 항목을 포함한 평가도구임을 고려하여 본다면, MET 적용군에서 중재 전과 중재 후 유의한 균형능력향상과 보행능력의 유의한 차이가 있는 본 연구결과와 유사하였다($p < .05$).

MET를 적용할때 등척성 수축과 근육 신장이 동시에 발생하면 근육과 관절의 고유수용감각기 및 기계적 수용기가 더 강하게 자극된다(Chaitow, 2008). 이때 활성화된 근육과 관절의 기계적 수용기는 체성 구심성의 교감 신경 흥분과 수도관주위 회백질(periaqueductal gray matter)의 국소활성화를 일으키고(Parmar 등, 2011), 전염증성 사이토카인을 감소하여 통각수용기를 둔감시켜 근방추와 관련된 운동성 저하를 감소시킨(Freyer, 2011). 이것은 차례로 연속적인 MET 적용 시 더 강한 자극을 견딜수 있게 해준다(Faqih 등, 2011).

MET는 치료사가 가하는 반력에 대항하여 정밀하게 제어된 위치와 방향으로 환자의 능동적 수축을 일으키는 도수치료로(DeStefano, 2011), 분절의 유동성을 회복하고, 운동패턴을 재훈련하고, 섬유성 조직을 늘리고, 근경련을 감소시키고, 분절 간 연결된 근육들의 안정화 기능을 재훈련하도록 도와준다(Chaitow, 2001). 이러한 과정에서 슬관절 근육 불균형을 완화 시키고, 근력의 재획득을 통해 슬관절 전략의 기능적 회복으로 인한 결과라고 생각한다.

또한, MET 적용은 일반적으로 위상 근육 섬유보다 더 낮은 활동 전위를 필요로 하는 운동 단위와 관련된 긴장 근육 섬유를 동원하기 때문에(Chaitow와 Crenshaw,

2006), TKR 후 만성기에서 수술 전 혹은 수술 시점보다 더 노화가 진행되어 신체기능이 저하된 노인을 대상으로 적합한 중재 방법으로 생각한다.

본 연구에서 적용한 MET는 만성 TKR 여성 노인에서 선택적인 근력강화와 주동근-길항근의 피드백 활성화를 포함하고 있고, 이러한 중재는 만성기의 TKR 환자의 근력과 관절가동범위, 균형능력, 보행능력을 향상시키는데 효과적임을 확인하였다.

본 연구의 제한점은 20명으로 진행한 연구결과로 모든 만성 TKR 환자에게 일반화하기 어렵고, 그 효과에 대해 지속 여부와 중재 결과에 대해 환자가 일상생활에서 느끼는 만족도를 조사하지 못한 점을 보완해야 할 것이다.

추후 연구에서는 보행이나 균형능력을 대상자의 연령과 수술 경과 시기 및 기능적 수준을 고려하여 중재의 효과를 명확하게 제시할 필요가 있다고 생각한다. 그리고 다른 하지 관련 재활이 필요한 환자를 대상으로 효과를 확인하는 연구가 필요할 것이라고 생각한다.

V. 결론

본 연구는 TKR 후 만성기의 여성 노인을 대상으로 슬관절 신전근에 MET를 적용한 중재가 근력, 관절가동범위, 균형능력과 보행능력 향상에 대한 유용성을 알아보고자 진행하였다.

1. 근력의 변화 비교에서 대조군과 실험군 모두 중재 전과 후 비교에서 유의한 향상이 있었고($p < .001$), 그룹 간 비교에서 유의한 차이가 없었다($p > .05$).
2. 관절가동범위의 변화 비교에서 대조군과 실험군 모두 중재 전과 후 비교에서 유의한 향상이 있었고($p < .01$)($p < .001$), 그룹 간 비교에서 유의한 차이가 있었다($p < .05$).
3. TSS의 변화 비교에서 대조군과 실험군 모두 중재 전과 후 비교에서 유의한 향상이 있었고($p < .01$)($p < .001$), 그룹 간 비교에서 유의한 차이가 있었다($p < .05$).
4. TUG의 변화 비교에서 대조군과 실험군 모두 중재 전과 후 비교에서 유의한 향상이 있었고($p < .05$)($p < .001$), 그룹 간 비교에서 유의한 차이가 없었다($p > .05$).
5. 10WMT의 변화 비교에서 대조군과 실험군 모두 중재 전과 후 비교에서 유의한 향상이 있었고($p < .01$), 그룹 간 비교에서 유의한 차이가 있었다($p < .05$).

이상의 결과를 토대로 MET가 TKR 후 만성기의 여성 노인들의 근력, 관절가동범위, 균형능력과 보행능력에 효과적임을 확인할 수 있었으며 임상에서 유용한 기초자료로 제시할 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

- Andriacchi TP. Functional analysis of pre and post-knee surgery: total knee arthroplasty and ACL reconstruction. *J Biomech Eng.* 1993;115(4B):575-581. <https://doi.org/10.1115/1.2895543>.
- Ballantyne F, Fryer G, McLaughlin P. The effect of muscle energy technique on hamstring extensibility: The mechanism of altered flexibility. *J Osteopath Med.* 2003;6(2):59-63. <https://doi.org/10.1115/1.2895543>.
- Barkha SK, Vishesh S, Tathapi MK. Comparison of muscle energy technique and strength training in improving knee extension lag after first four weeks of total knee replacement. *Int J Res Med Sci* 2020;19:301-322.
- Barrack RL, Skinner HB, Cook SD, et al. Effect of articular disease and total knee arthroplasty on knee joint position sense. *J neurophysiol.* 1983;50(3):684-687. <https://doi.org/10.1152/jn.1983.50.3.684>.
- Berman AT, Bosacco SJ, Israelite C. Evaluation of total knee arthroplasty using isokinetic testing. *Clin Ortho Relat Res.* 1991;271:106-113.
- Blackwell, JR, Cole KJ. Wrist kinematics differ in expert and novice tennis players performing the backhand stroke: Implications for tennis elbow. *J Biomech.* 1994;27:509-516. [https://doi:10.1016/0021-9290\(94\)90062-0](https://doi:10.1016/0021-9290(94)90062-0).
- Bouet V, Gahery Y. Muscular exercise improves knee position sense in humans. *Neurosci Lett.* 2000;289(2):143-146. [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(00\)01297-0](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(00)01297-0).

- Chaitow L. *Muscle Energy Techniques*(2nd ed.). Harcourt Publishers. London. 2001.
- Chaitow L, Crenshaw K. *Muscle Energy Techniques: With Accompanying DVD*. Churchill Livingstone Elsevier. Edinburgh. 2006.
- Cheng CH, Wang JL, Lin JJ, et al. Position accuracy and electromyographic responses during head reposition in young adults with chronic neck pain. *J Electromyogr Kinesiol*. 2010;20(5):1014-1020. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2009.11.002>.
- Cheng K, Dashti H, McLeod G. Does flexion contracture continue to improve up to five years after total knee arthroplasty? *J Orthop Surg (Hong Kong)* 2007;15(3):303-305. <https://doi.org/10.1177/230949900701500312>.
- Cho DY, Lee JM, Kim HC, et al. Simultaneous bilateral total knee arthroplasty. *J Korean Orthop Assoc*. 1995;30(5):1216-1223.
- Choi CH, Kim KW, Sung HI, et al. Patient satisfaction interviews after TKA successful rehabilitation achieved and functions still desired by respondents. *Knee Surg Relat Res*. 2006;18(1):20-25.
- Chung CY, Lee MC, M YW, et al. Gait Analysis after Total Knee Arthroplasty. *J Korean Orthop Assoc*. 1997;32(5):1290-1301. <https://doi.org/10.4055/jkoa.1997.32.5.1290>.
- Crowninshield RD, Rosenberg AG, Sporer SM. Changing demographics of patients with total joint replacement. *Clin Orthop Relat Res*. 2006;443:266-272. <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000188066.01833.4f>.
- Delgado C, Filho JF, Barbosa FP, et al. Use of the sphygmomanometer in the evaluation of the knee joint flexor and extensor muscle strength in militaries. *Rev Bras Med Esporte* 2004;10(5):362-366. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922004000500003>.
- Demirel A, Oz M, Ulger O. The effect of minimal invasive techniques and physiotherapy on pain and disability in elderly: A retrospective study'. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2019;32(1):63-70. <https://doi.org/10.3233/BMR-171113>.
- DeStefano LA. *Greenman's principles of manual medicine*: LWW. Philadelphia. 2011.
- Farquhar SJ, Reisman DS, Snyder-Mackler L. Persistence of altered movement patterns during a sit-to-stand task 1 year following unilateral total knee arthroplasty. *Phys Ther*. 2008;88(6):567-579. <https://doi.org/10.2522/ptj.20070045>.
- Faqih AI, Bedekar N, Shyam A, et al. Effects of muscle energy technique on pain, range of motion and function in patients with post-surgical elbow stiffness: A randomized controlled trial. *Hong Kong Physiother J*. 2019;39(1):25-33. <https://doi.org/10.1142/S1013702519500033>.
- Fryer G. Muscle energy technique: An evidence-informed approach. *Int J Osteopath Med*. 2011;14(1):3-9. <https://doi.org/10.1016/j.ijosm.2010.04.004>.
- Gidwani S, Tauro B, Whitehouse S, et al. Do patients need to earn total knee arthroplasty? *J Arthroplasty*. 2003;18(2):199-203. <https://doi.org/10.1054/arth.2003.50021>.
- Gooley K, Bradfield O, Talbot J, et al. Effects of body orientation, load and vibration on sensing position and movement at the human elbow joint. *Exp Brain Res*. 2000;133(3):340-348. <https://doi.org/10.1007/s002210000380>.
- Han JH. Effectiveness of 8 weeks of application of aqua complexed exercise on lower limbs muscular strength, pain relief and balance after total knee arthroplasty. Korea University. Master Thesis. 2010.
- Ham JY. Effects of Therapeutic Massage Intervention on Pain of patients with

Song, et al. 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

- Unilateral total Knee Replacement Arthroplasty. Kwandong University. Master Thesis. 2012.
- Hailer NP, Adalberth G, Nilsson OS. Compartment syndrome of the calf following total knee arthroplasty a case report of a highly unusual complication. *Acta Orthop*. 2007;78(2):293-295. <https://doi.org/10.1080/17453670710013825>.
- Health Insurance Review & Assessment Service. 100 disease statistics in living. Wonju: Health Insurance Review & Assessment Service. 2018;20:215.
- Heiberg K, Bruun-Olsen V, Mengshoel AM. Pain and recovery of physical functioning nine months after total knee arthroplasty. *J Rehabil Med*. 2010;42(7):614-619. <https://doi.org/10.2340/16501977-0568>.
- Helewa A, Goldsmith CH, Smythe HA. The modified sphygmomanometer-An instrument to measure muscle strength: A validation study. *J Chronic Dis*. 1981;34(7):353-361. [https://doi.org/10.1016/0021-9681\(81\)90073-4](https://doi.org/10.1016/0021-9681(81)90073-4)
- Hunt SM, McKenna S, Williams J. Reliability of a population survey tool for measuring perceived health problems: A study of patients with osteoarthritis. *J Epidemiol Community Health*. 1981;35(4):297-300. <http://dx.doi.org/10.1136/jech.35.4.297>.
- Hur NW, Choi CB, Uhm WS, et al. The prevalence and trend of arthritis in Korea: Results from Korea national health and nutrition examination surveys. *J Rheum Dis*. 2008;15(1):11-26. <https://doi.org/10.4078/jkra.2008.15.1.11>.
- Jakobsen TL, Christensen M, Christensen SS, et al. Reliability of knee joint range of motion and circumference measurements after total knee arthroplasty: Does tester experience matter? *Physiother Res Int*. 2010;15(3):126-134. <https://doi.org/10.1002/pri.450>.
- Jung YH, Ko SJ, Kim EJ. A study on the effective chronic disease management. Seoul: Korea Institute for Health and Social Affairs. 2013; 12.
- Kagamihara Y. Disorder of the reciprocal inhibition pathway in spasticity. *Recent Advances in Clinical Neurophysiology*. 1996;859-862.
- Kaplan FS, Nixon JE, Reitz M, et al. Age related changes in proprioception and sensation of joint position. *Acta Orthop Scand*. 1985;56(1):72-74. <https://doi.org/10.3109/17453678508992984>.
- Katayama M, Higuchi H, Kimura M, et al. Proprioception and performance after anterior cruciate ligament rupture. *Int Orthop*. 2004;28(5):278-281. <https://doi.org/10.1007/s00264-004-0583-9>.
- Kim HG. Effect of Knee Muscle Power Strengthening Using Thera Band on the Balance Control Ability in the Elderly. Dankook University. Master Thesis. 2003.
- Kim J, Nelson CL, Lotke PA. Stiffness after total knee arthroplasty: prevalence of the complication and outcomes of revision. *J Bone Joint Surg Am*. 2004;86(7):1479-1480.
- KIM JH. Proprioception after total knee replacement. PNF and Movement. 2011;9(1):39-45.
- Kim TY, Won SH, Park HS. The comparison of quadriceps femoris muscle strength by isometric exercise and electrical stimulation in healthy subjects. *Kor Acad Ortho Man Phys Ther*. 2008;14(1):31-38.
- Kisner C, Colby LA. *Therapeutic Exercise*(4th ed.). Philadelphia, F.A. 2020.
- Kittelson AJ, Elings J, Colborn K, et al. Reference chart for knee flexion following total knee arthroplasty: A novel tool for monitoring postoperative recovery. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020;21(1):1-8. <https://doi.org/10.1186/s12913-020-0583-9>.

- i.org/10.1186/s12891-020-03493-x.
- Korea Statistics. Major surgery statistics by age. 2019.
- Korea Statistics. Population projection. 2021.
- Kumar NS, Omar B, Joseph LH, et al. Accuracy of a digital weight scale relative to the nintendo wii in measuring limb load asymmetry. *J Phys Ther Sci.* 2014;26(8):1205-1207. <https://doi.org/10.1589/jpts.26.1205>.
- Laubenthal KN, Smidt GL, Kettelkamp DB. A quantitative analysis of knee motion during activities of daily living. *Phys Ther.* 1972;52(1):34-43. <https://doi.org/10.1093/ptj/52.1.34>.
- Leijtens B, van de Hei KK, Jansen J, et al. High complication rate after total knee and hip replacement due to perioperative bridging of anticoagulant therapy based on the 2012 ACCP guideline. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2014;13(9)4:1335-1341. <https://doi.org/10.1007/s00402-014-2034-4>.
- Magnusson SP, Aagard P, Simonsen E, et al. A biomechanical evaluation of cyclic and static stretch in human skeletal muscle. *Int J Sports Med.* 1998;19(05):310-316. <https://doi.org/10.1055/s-2007-971923>.
- MacDonald SJ, Bournce RB, Rorabeck CH, et al. Prospective randomized clinical trial of continuous passive motion after total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2000;380:30-55.
- Maki BE, Holliday PJ, Topper AK. Fear of falling and postural performance in the elderly. *J Gerontol.* 1991;46(4):123-131. <https://doi.org/10.1093/geronj/46.4.M123>.
- Miner AL, Lingard EA, Wright EA, et al. Knee range of motion after total knee arthroplasty: how important is this as an outcome measure? *J Arthroplasty.* 2003;18(3):286-294. <https://doi.org/10.1054/arth.2003.50046>.
- Mizner RL, Stevens JE, Snyder-Mackler L. Voluntary activation and decreased force production of the quadriceps femoris muscle after total knee arthroplasty. *Phys Ther.* 2003;83(4):359-365. <https://doi.org/10.1093/ptj/83.4.359>.
- Mizner RL, Petterson SC, Snyder-Mackler L. Quadriceps strength and the time course of functional recovery after total knee arthroplasty. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2005;35(7):424-436. <https://doi.org/10.2519/jospt.2005.35.7.424>.
- Mondin D, Owen JA, Negro M, et al. Validity and reliability of a non-invasive test to assess quadriceps and hamstrings strength in athletes. *Front Physiol.* 2018;29(9):1702-1708. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01702>.
- Moore SD, Laudner KG, Mcloda TA, et al. The immediate effects of muscle energy technique on posterior shoulder tightness: A randomized controlled trial. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2011;41(6):400-407. <https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2011.3292>.
- Morris S, Morris ME, Iansek R. Reliability of measurements obtained with the timed "Up & Go" test in people with Parkinson disease. *Phys Ther.* 2001;81(2):810-818. <https://doi.org/10.1093/ptj/81.2.810>.
- Parmar S, Shyam A, Sabnis S, et al. The effect of isolytic contraction and passive manual stretching on pain and knee range of motion after hip surgery: A prospective, double-blinded, randomized study. *Hong Kong J Physiother.* 2011;29(1):25-30. <https://doi.org/10.1016/j.hkjpj.2011.02.004>.
- Park DJ, Kim JH, Lee HO. Effectiveness of modified quadriceps femoris muscle setting exercise for the elderly in early rehabilitation after Total knee arthroplasty. *J Phys Ther Sci.* 2012;24(1):27-30. <https://doi.org/10.1589/jpts.24.27>.
- Park HR, Cho SK, Im SG, et al. Treatment pat-

- terns of knee osteoarthritis patients in Korea. *Korean J Intern Med.* 2019;34(5):1145-1153. <https://doi.org/10.3904/kjim.2017.304>.
- Podsiadlo D, Richardson S. The timed up & go: A test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc.* 1991;39(2):142-148. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x>.
- Peter WF, Nelissen RG, Vlieland TP. Guideline recommendations for post-acute post-operative physiotherapy in total hip and knee arthroplasty: Are they used in daily clinical practice? *Musculoskelet Care.* 2014;12(3):125-131. <https://doi.org/10.1002/msc.1067>.
- Petterson SC, Mizner RL, Stevens JE, et al. Improved function from progressive strengthening interventions after total knee arthroplasty: A randomized clinical trial with an imbedded prospective cohort. *Arthritis Rheum.* 2009;61(2):174-183. <https://doi.org/10.1002/art.24167>.
- Piao C, Yoshimoto N, Shitama H, et al. Validity and reliability of the measurement of the quadriceps femoris muscle strength with a hand-held dynamometer on the affected side in hemiplegic patients. *J UOEH.* 2004;26(1):1-11. <https://doi.org/10.7888/juoeh.26.1>.
- Ranawat CS, Ranawat AS, Mehta A. Total knee arthroplasty rehabilitation protocol: What makes the difference? *J Arthroplasty.* 2003;18(31):27-30. <https://doi.org/10.1054/arth.2003.50080>.
- Sandeep BS. Effect of muscle energy technique and conventional approach on functional outcomes in total knee arthroplasty-a comparative study. *Int J Psychosoc Rehabil(Online).* 2020;24(8):15050-15058. <https://doi.org/10.37200/IJPR/V2418/PR281481>.
- Souza LA, Martins JC, Moura JB, et al. Assessment of muscular strength with the modified sphygmomanometer test: What is the best method and source of outcome values? *Braz J Phys Ther.* 2014;18(2):191-200. <https://doi.org/10.1590/S1413-35552012005000149>.
- Scott DL, Berry H, Capell H, et al. The long-term effects of non-steroidal anti-inflammatory drugs in osteoarthritis of the knee: A randomized placebo-controlled trial. *Rheumatology.* 2000;39(10):1095-1101. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/39.10.1095>.
- Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Motor Control. Translating Research into Clinical Practice 3th.* Lippincott Williams & Wilkins. 2007:257-295.
- Singh S, Jagtap V, Devit P. Effect of post-isometric relaxation and reciprocal inhibition in osteoarthritis knee. *Asian J Pharm Clin Res.* 2017;10(6):135-138. <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2017.v10i6.17720>.
- Torres R, Duarte JA, Cabri JM. An acute bout of quadriceps muscle stretching has no influence on knee joint proprioception. *J Hum Kinet.* 2012;34(1):33-39. <https://doi.org/10.2478/v10078-012-0061-1>.
- Witchalls J, Waddington G, Blanch P, et al. Ankle instability effects on joint position sense when stepping across the active movement extent discrimination apparatus. *J Athl Train.* 2012;47(6):627-634. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-47.6.12>.
- Yoshida Y, Mizner RL, Ramsey DK, et al. Examining outcomes from total knee arthroplasty and the relationship between quadriceps strength and knee function over time. *Clin Biomech(Bristol Avon).* 2008;23(3):320-328. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2007.10.008>.
- Yun JS. The Effect of Quadriceps Isometric Exercise Method on Pain, Muscle Strength

and Balance of Early Phase of Total Knee
Arthroplasty Patients. Daegu University.
Master Thesis. 2016.

논문접수일(Date received) : 2021년 07월 21일

논문수정일(Date revised) : 2021년 07월 23일

논문게재확정일(Date accepted) : 2021년 08월 10일