

Original Article

Open Access

고유수용성신경근촉진법 운동이 무릎관절 전치환술환자의 관절가동범위와 통증 및 기능적 활동에 미치는 영향

김창헌 · 강태우¹ · 김범룡[†]

대자인병원 재활센터

¹원광대학교병원 물리치료실

The Effect of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Exercise on the Range of Motion, Pain, and Functional Activity of Total Knee Arthroplasty Patients

Chang-Heon Kim · Tae-Woo Kang¹ · Beom-Ryong Kim[†]

Department of Physical Therapy, Design Hospital

¹Department of Physical Therapy, Wonkwang University Hospital

Received: January 3, 2018 / Revised: February 9, 2018 / Accepted: February 9, 2018

© 2018 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

| Abstract |

Purpose: This study investigated the effects of proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) exercise on the range of motion (ROM), pain, and functional activity of patients who received total knee arthroplasty (TKA). The purpose of this study was to provide fundamental data regarding the use of PNF exercise among patients with musculoskeletal disease.

Methods: Fourteen patients who received TKA were randomly divided into an experimental group (n=7) that took part in PNF exercise and a control group (n=7) that performed general rehabilitation exercise. Both groups performed the respective exercises for 30 minutes, five times a week for 2 weeks. For the measurement of ROM, the range of knee flexion was measured using a clinometer smartphone application. A visual analogue scale (VAS) was used for the measurement of the level of pain. The timed up and go test (TUG) was conducted to measure functional activity. A paired t-test was performed to compare within-group changes before and after the PNF exercise. Differences between the experimental group and control group were analyzed by an independent t-test. For all tests, the level of statistical significance was set at $\alpha=0.05$.

Results: After the exercise, there was a significant within-group change in VAS and TUG scores in the experimental group and control group ($p<0.01$). There was also a significant between-group difference in VAS and TUG scores after the intervention ($p<0.05$).

Conclusion: General rehabilitation exercise is commonly applied as a treatment for TKA patients and is relatively effective. The application of PNF exercise may be useful in such patients, considering its effects on ROM improvement, pain reduction, and functional enhancement.

[†]Corresponding Author : Beom-Ryong Kim (kimbr21@hanmail.net)

Key Words: Functional activity, Proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF), Range of motion (ROM), Total knee arthroplasty (TKA), Visible analogue scale (VAS)

I. 서론

오랫동안 무릎통증으로 고통 받은 무릎관절염(knee osteoarthritis) 환자에게 일반적으로 시행되는 무릎관절 전치환술(total knee arthroplasty)에서 중요한 목표는 통증 감소와 무릎관절 가동범위(range of motion, ROM)의 회복이다. 선행연구에 따르면 무릎관절 전치환술 후 통증과 넵다리네갈래근의 기능장애로 인해 무릎관절 가동범위가 무릎관절 전치환술 후 약 1개월 동안 일시적으로 감소를 보였으며, 무릎관절 가동범위 감소가 환자의 기능적 활동과 만족도 감소에 유의한 상관관계가 있음을 보고하였다(Mizner et al., 2005; Zhou et al., 2015). 현재 수술을 통해서 얻은 수동적 무릎관절 가동범위를 통증 없이 유지하기는 쉽지 않기 때문에 무릎관절 전치환술 후 통증완화와 관절가동범위 감소를 예방하기 위한 새로운 중재 전략이 필요하다.

무릎관절 전치환술환자에 대한 다양한 연구를 살펴보면, 간섭과와 레이저치료(Oh, 2014) 및 신경근전기자극치료(Jo, 2016)를 통해서 통증감소와 근력 및 균형에 향상을 보였으며, Park과 Kim (2013)은 무릎관절 전치환술 환자의 하지의 근활성도와 균형 향상을 위해 근전도-생체피막을 적용하였다. 또한, Bae 등 (2014)은 슬링운동을 통한 근력강화와 신장운동을 통해 근력과 관절가동범위 향상을 보고하였고, Bae 등 (2013)은 조기 근력과 신장운동을 통해 고유수용성 감각 향상과 통증 감소에 향상을 보고하였으며, Yun과 Lee (2015)는 세라밴드를 활용한 근력운동을 실시한 결과 통증 감소와 관절가동범위 향상을 보고하였다. 이와 같이 무릎관절 전치환술과정에서 넵다리네갈래근 절개로 인한 근력의 감소와 통증이 증가된 환자에게 통증을 줄이고, 보행능력을 향상시키기 위해서는 전기치료와 다양한 운동치료의 필요성이 강조되

며(Rahmann et al., 2009), 무릎관절 전치환술 수술 후 무릎관절 주위의 근력강화운동은 인공관절의 수명을 연장할 뿐만 아니라 관절가동범위의 회복과 기능적 활동 수행을 위해 중요하게 작용한다(MacDonald et al., 2000).

물리치료의 개념(concept) 중 근육, 건(힘줄), 인대, 관절 내의 고유수용기를 자극하여 기능을 향상시킬 수 있는 고유수용성신경근촉진법(proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF)이 있으며(Klein et al., 2002), 통증 감소와(Kim & Kim, 2017) 근력 및 관절가동범위를 증가시키고(Song et al., 2017), 신체의 기능적 움직임을 향상시키는 기법으로(Jeong & Kim, 2017; Kim & Lee, 2017) 뇌졸중과 같은 중추신경계 환자뿐만 아니라(Jeong et al., 2016) 근육, 뼈, 관절의 근골격계 환자의 치료에 널리 사용되고 있다(Bong et al., 2016; Kim et al., 2016).

이와 같이 PNF 적용은 통증을 감소시키고 관절가동범위와 근력 및 기능적 움직임의 향상에 긍정적인 방법으로 보고되고 있다. 그러므로 무릎관절 전치환술로 통증과 관절가동범위 저하로 활동에 어려움을 겪는 환자들을 위하여 무릎관절 전치환술 환자에게 PNF을 치료적인 방법으로 이용될 수 있으며, 지금까지 무릎관절 전치환술 환자에게 적용한 선행 연구는 미비한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 PNF 운동을 통해서 무릎관절 전치환술환자를 위하여 관절가동범위와 통증 및 기능적 활동에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고, 근골격계 환자를 위한 PNF 운동의 기초자료를 제공하는데 본 연구에 목적이 있다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구는 2017년 3월부터 6월까지 J시 소재 D병원에서 무릎관절 전치환술을 받은 환자 14명을 대상으로 하였다. 본 연구에 대한 충분한 설명을 듣고 적극적으로 참여하기를 동의한 환자를 대상으로 하였다. 이들을 각각 PNF 운동을 적용한 실험군(n=7)과 일반적 운동을 적용한 대조군(n=7)으로 무작위 배정하였다.

본 연구의 대상자 선정의 포함 기준은 최초의 무릎관절 외과 수술한 자, 수술 후 7일이 경과한 자로 독립적으로 10m 보행이 가능한 자로 하였으며, 과거에 엉덩 또는 무릎관절 전치환술을 받은 자, 무릎관절 전치환술의 재수술을 받은 자, 심·혈관 및 호흡기 질환이 있는 자는 대상자에서 제외하였다. 연구 대상자의 일반적 특성은 다음과 같다(Table 1).

2. 실험 방법

1) 운동 프로그램

실험에 참여한 물리치료사는 수술 후 정형외과환자 치료에 3년 이상의 경력을 가진 물리치료사로 하였다. 모든 참가자들은 수술 후 7일이 경과한 후 오전에는 냉찜질 20분, 간섭파 전기 자극치료 15분, 초음파 치료 5분, 총 40분으로 구성된 전통적 물리치료를 받았

으며, 실험은 전통적 물리치료 외에 제공되었다. 참가자들은 무작위 배정된 상태에서 실험군은 PNF 운동, 대조군은 일반적 운동으로 각각 30분으로 구성되어, 주 5회 2주간 시행되었다.

각각의 운동 프로그램은 환자의 요구사항을 근거로 기능적인 문제와 관련된 검사 및 측정을 통해 필요한 운동을 Jogi 등(2016)이 제시한 운동 프로그램을 바탕으로 PNF 운동과 일반적 운동으로 재구성하였다. 운동은 관절가동범위 확보와 통증 감소 및 근력 향상을 목표로 하였다. PNF 운동과 일반적 운동은 다음과 같다(Table 2, 3).

2) 측정항목 및 방법

(1) 무릎 굽힘 관절가동범위 측정

무릎 굽힘 관절가동범위를 측정하기 위해 스마트폰 클리노미터 어플리케이션(smartphone clinometer application)을 이용하여 측정하였다. 클리노미터는 여러 스마트폰에서 저렴한 비용으로 쉽게 사용할 수 있으며, 평가자들은 스마트폰에 클리노미터를 다운로드하여 측정 전에 연습하도록 지시하였다. 대상자는 엎드려 누운 자세에서 측정하고자 하는 다리의 대퇴부를 고정하였다. 대상자는 최대한 무릎을 굽히게 하고 정강뼈와 평행하게 스마트폰을 고정하여 측정하였고, 3회 반복 측정하여 평균값을 기록하였다. 측정자 간 신뢰도는 $r=0.80\sim0.89$ 으로 관절가동범위를 측정하기에 적합한 도구이다(Werner et al., 2014).

Table 1. General characteristics of the participants

(N = 14)

	Experimental group (n=7)	Control group (n=7)	<i>p</i>
Sex (male/female)	0/7	0/7	1.00
Age (years)	63.29±4.39	64.43±4.20	0.30
Height (cm)	156.86±4.06	156.43±2.76	0.29
Body weight (kg)	57.53±6.74	58.86±4.78	0.16
Body mass index (kg/m ²)	23.45±3.25	24.07±2.08	0.93
Affected side (right/left)	4/3	4/3	1.00

Values are presented as mean±standard deviations.

Table 2. PNF exercise program

Type	Training			Goals
	Position	Pattern	Technique	
PNF exercise	Supine	Assisted knee flexion with a strap	HR	Increased of PROM, decreased of pain
	Long sitting	Knee extension on a towel roll	RI, CI	Increased of AROM, eccentric control, and muscle strength
	Long sitting	Knee flexion by sliding foot on bed	HR	Increased of PROM, decreased of pain
	Hook lying	Straight leg raises	RI, CI	Increased of AROM, eccentric control, and muscle strength
	Hook lying	Assisted knee extension with strap around the foot	HR	Increased of PROM, decreased of pain
	Sitting	Knee extension	RI, CI	Increased of AROM, eccentric control, and muscle strength
	Sitting	Knee flexion by sliding foot on the floor	HR	Increased of PROM, decreased of pain

PNF : proprioceptive neuromuscular facilitation, HR : hold-relax, RI : rhythmic initiation
CI : combination of isotonic, PROM : passive range of motion, AROM : active range of motion

(2) 통증의 측정

통증의 정도를 측정하기 위해 시각적 상사척도 (visible analogue scale, VAS)를 이용하여 병원생활과정 중 최대로 통증을 경험한 정도를 대상자가 직접 체크하는 방식을 택하였다. 통증이 전혀 없는 상태는 0, 통증이 최대로 있는 상태는 10으로 하여 10개의 구간이 표시된 종이 위에 직접 체크하도록 하였다. 검사 재검사 간 신뢰도는 $r=0.96$ 이다(Lingjaerde &

Foreland, 1998).

(3) 기능적 활동 측정

기능적 활동을 측정하기 위하여 의자에서 일어나 걷기 검사(timed up and go test, TUG)를 시행하였다. 의자에서 일어나 걷기 검사는 보행과 균형능력을 빠르게 측정 할 수 있는 검사방법으로, 평편한 바닥에 46cm 높이의 팔걸이가 있는 의자에 편안하게 앉은

Table 3. Traditional exercise program

Type	Training			Goals
	Position	Pattern	Technique	
Traditional exercise	Supine	Assisted knee flexion with a strap	Stretching	Increased of PROM, decreased of pain
	Long sitting	Knee extension on a towel roll	Isotonic	Increased of AROM, eccentric control, and muscle strength
	Long sitting	Knee flexion by sliding foot on bed	Stretching	Increased of PROM, decreased of pain
	Hook lying	Straight leg raises	Isotonic	Increased of AROM, eccentric control, and muscle strength
	Hook lying	Assisted knee extension with strap around the foot	Stretching	Increased of PROM, decreased of pain
	Sitting	Knee extension	Isotonic	Increased of AROM, eccentric control, and muscle strength
	Sitting	Knee flexion by sliding foot on the floor	Stretching	Increased of PROM, decreased of pain

PROM : passive range of motion, AROM : active range of motion.

상태에서 대상자는 시작이라는 신호와 함께 의자에서 일어나서 의자에서 3m 떨어진 지점의 반환점을 수술 측 방향으로 최대한 빠른 걸음으로 돌아 다시 의자에 앉을 때까지 소요된 시간을 측정하는 방법으로 3회 반복 측정하여 평균시간을 기록하였다. 이 검사 도구는 측정자간, 측정자내 신뢰도는 $r=0.98\sim0.99$ 로 신뢰도가 높은 도구이다(Podisadle & Richardson, 1991).

3. 자료 처리

본 연구를 위한 자료처리 방법은 Window용 통계프로그램 SPSS/PC Statistics 18.0 software (SPSS Inc, Chicago, USA)을 이용하여 통계 처리하였다. 연구 대상자의 일반적인 특성을 Shapiro-wilk로 정규성 검정을 하였고, PNF 운동에 따른 운동 전과 후의 집단 내 관절가동범위와

통증 및 의자에서 일어나 걷기 검사에 변화를 비교하기 위하여 대응표본 t-검정(paired t-test)을 실시하였으며, 실험군과 대조군의 집단 간의 차이를 비교하기 위해 독립표본 t-검정(independent t-test)으로 검정하였다. 모든 통계학적 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

III. 연구 결과

1. 무릎 굽힘 관절가동범위 변화 비교

집단 내 무릎 굽힘 관절가동범위(ROM)의 변화는 실험군에서 유의하게 증가하였고($t=-15.14; p<0.01$), 대조군에서도 유의하게 증가하였다($t=-13.06; p<0.01$). 증재 후 집단 간 무릎 굽힘 관절가동범위(ROM)의 변화에서는 실험군과 대조군사이에서 유의한 차이가 있

Table 4. The comparison of changes in knee flexion range of motion within and between group

		Experimental group (n=7)	Control group (n=7)	t	p	95% CI
Knee flexion range of motion (°)	Pre	71.86±4.98	70.71±3.25			
	Post	102.86±4.95	97.28±3.25	2.49	0.03*	0.70~10.45
	t(p)	-15.14(0.00**)	-13.06(0.00**)			

Data are mean±standard deviation.
* $p<0.05$, ** $p<0.01$.

Table 5. The comparison of changes in visual analogue scale within and between group

		Experimental group (n=7)	Control group (n=7)	t	p	95% CI
visual analogue scale (scores)	Pre	8.26±0.56	8.38±0.75			
	Post	4.13±0.73	5.11±0.61	-2.72	0.02*	-1.77~-0.20
	t(p)	11.46(0.00**)	7.17(0.00**)			

Data are mean±standard deviation.
* $p<0.05$, ** $p<0.01$.

Table 6. The comparison of changes in timed up and go test within and between group

		Experimental group (n=7)	Control group (n=7)	t	p	95% CI
timed up and go test (second)	Pre	12.87±1.03	12.14±0.74			
	Post	10.09±1.08	9.64±0.74	0.90	0.38	-0.63~1.53
	t(p)	16.70(0.00**)	5.92(0.00**)			

Data are mean±standard deviation.
* $p<0.05$, ** $p<0.01$.

었다($t=2.49$; 95% confidence interval [CI], 0.70~10.45; $p<0.05$)(Table 4).

2. 통증 변화 비교

집단 내 통증(VAS)의 변화는 실험군에서 유의하게 감소하였고($t=11.46$; $p<0.01$), 대조군에서도 유의하게 감소하였다($t=7.17$; $p<0.01$). 중재 후 집단 간 통증(VAS)의 변화에서는 실험군과 대조군사이에서 유의한 차이가 있었다($t=-2.72$; 95% CI, -1.77~-0.20; $p<0.05$)(Table 5).

3. 기능적 활동 변화 비교

집단 내 의자에서 일어나 걷기(TUG)의 변화는 실험군에서 유의하게 감소하였고($t=16.70$; $p<0.01$), 대조군에서도 유의하게 감소하였다($t=5.92$; $p<0.01$). 중재 후 집단 간 의자에서 일어나 걷기(TUG)의 변화에서는 실험군과 대조군사이에서 유의한 차이가 없었다 (Table 6).

IV. 고 찰

무릎관절염에 의한 통증환자의 대부분은 무릎관절 전치환술을 통해 통증을 경감시키고, 무릎 기능을 회복시킴으로써 수술 전보다 긍정적인 결과를 이끌어내기 위함이다. 따라서 무릎관절 전치환술환자의 목표는 합병증을 예방하고 가능한 빨리 일상생활로 복귀하는 것으로 수술 후 관리의 핵심 요소는 통증 완화와 무릎관절 가동범위 회복 및 기능적 활동의 향상이다 (Cho et al., 2007; Moffet et al., 2004). 이와 같은 무릎관절 전치환술환자의 목표를 위해 PNF 운동의 활용이 관절가동범위(ROM)와 통증(VAS) 및 의자에서 일어나 걷기(TUG)에 미치는 영향에 대하여 다음과 같이 논의를 하고자 한다.

Lee (2014)은 무릎관절 전치환술환자 20명을 대상

으로 일반적 물리치료와 함께 신장운동과 신경근전기 자극을 실시한 실험군과 일반적 물리치료를 실시한 대조군으로 무작위배정하여 3주 동안 9회 중재를 실시한 결과 집단 내 실험군과 대조군 모두에서 관절가동범위에 향상된 결과를 보였고, Yun과 Lee (2015)은 무릎관절 전치환술환자 60명을 대상으로 세라밴드운동군과 대조군으로 무작위배정하여 14회 운동을 실시한 결과 집단 내 실험군과 대조군 모두에서 관절가동범위에 향상된 결과를 보였다. 본 연구에서도 2주 동안 10회 실시한 PNF 운동군과 대조군에서 관절가동범위가 중재 전보다 후에 유의한 향상을 보여 선행연구와 같은 결과를 도출하였다. 그러나 집단 간 비교에서는 대조군에 비해 PNF 운동군에서 유의한 차이를 보여 선행연구와 다른 결과를 도출하였는데, Bae 등(2014)은 무릎관절 전치환술을 시행한 여성 환자 30명을 대상으로 슬링운동군과 대조군으로 무작위배정하여 6주 동안 18회 운동을 실시한 결과 집단 내·간 슬링운동군에서 관절가동범위에 향상된 결과를 보였으며 본 연구의 결과를 지지해준다. 이와 같은 결과는 PNF 운동 중 관절가동범위 향상을 위해서 사용된 유지·이완 기법이 넵다리곧은근의 골지건기관(Golgi tendon organ)을 자극하여 근육의 상호 수축과 신장을 유발시켜(Cornelius & Hands, 1992) 제한된 넵다리곧은근의 길이 신장을 촉진하여 새로운 범위의 수동적인 움직임이 가능해져(Puentedura et al., 2011) 관절가동범위가 일반적 중재방법보다 더욱 향상된 것으로 사료된다.

Bae 등(2013)은 무릎관절 전치환술환자 20명을 대상으로 근력과 신장운동을 포함한 실험군과 일반적 물리치료를 실시한 대조군으로 무작위배정하여 6주 동안 18회 운동을 실시한 결과 집단 내·간 실험군에서 통증 감소에 향상된 결과를 보였고, Min 등(2011)은 무릎관절 전치환술을 받은 60세 이상의 여성노인 뼈관절염 환자 30명을 대상으로 근력강화운동프로그램을 적용한 결과 통증 감소에 향상된 결과를 보였으며, Yun과 Lee (2015) 무릎관절 전치환술환자 60명을 대상으로 세라밴드를 활용한 근력운동을 실시한 실험군과 대조군으로 무작위배정하여 14회 운동을 실시한 결과

집단 내·간 실험군에서 통증 감소에 향상된 결과를 보였다. 이와 같이 선행연구들을 종합해보면 근력강화와 신장운동을 포함한 운동프로그램은 중재 전보다 후에 통증 감소에 향상된 결과를 볼 수 있었다. 이와 유사한 형태의 본 연구의 PNF 운동군과 대조군에서도 중재 전보다 후에 통증 감소가 나타났으며, 본 연구의 근력과 신장운동이 포함된 프로그램은 통증 조절에 있어서 필요성이 강조된다(Capdevila et al., 1999). 또한 집단 간 비교에서는 대조군에 비해 PNF 운동군에서 통증 감소에 유의한 차이를 보여 본 연구에 활용된 PNF의 기법을 통한 운동이 하지의 근력을 향상시켜 통증을 감소시킨(Min et al., 2011) 것으로 사료된다.

Lee 등(2017)은 무릎관절 전치환술환자 19명을 대상으로 단한 사슬에서의 근력운동을 실시한 실험군과 일반적 물리치료를 실시한 대조군으로 무작위배정하여 4주 동안 실시한 결과 집단 내·간 실험군에서 기능적 활동에 향상된 결과를 보였고, Noh (2016)은 무릎관절 전치환술 환자 30명을 대상으로 근력강화와 신장운동을 실시한 실험군과 일반적 물리치료를 실시한 대조군으로 무작위배정하여 2주 동안 6회 운동을 실시한 결과 집단 내·간 실험군에서 의자에서 일어나 걷기에 향상된 결과를 보였다. 본 연구에서도 PNF 운동 중 사용된 등장성 혼합 기법이 다리에 적용되는 과정에서 휴식시간 없이 구심성, 원심성, 안정성 수축이 혼합되어 능동관절운동범위와 근력 및 움직임의 능동적 조절이 향상되어(Adler et al., 2016; Song et al., 2016) PNF 운동군에서 의자에서 일어나 걷기가 중재 전보다 후에 유의한 향상을 보였다.

본 연구의 PNF 운동에 사용된 유지-이완과 등장성 혼합 기법은 무릎관절 전치환술환자의 관절가동범위 증가와 통증 감소 및 의자에서 일어나 걷기를 향상시키는데 효과적이었다. 일반적으로 PNF는 신경계 환자에게 사용되는 중재방법으로 생각하기 쉽지만 신경계 외의 환자들에게 적용 가능한 방법으로 이러한 결과를 바탕으로 향후에도 임상에서 PNF를 활용한 다양한 환자에게 적용된 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구는 무릎관절 전치환술환자를 대상으로 고유수용성신경근축진법을 이용한 운동과 일반적 운동을 적용한 결과 대조군에 비하여 관절가동범위 향상과 통증 감소 및 기능적 활동 향상에 효과가 있었다. 따라서 무릎관절 전치환술 환자에게 일반적으로 적용되는 운동도 좋지만 더 효과적인 관절가동범위 향상과 통증 감소 및 기능적 활동 향상을 고려한다면 PNF 운동을 유용하게 적용할 수 있을 것으로 여겨진다.

References

- Adler SS, Beckers D, Buck M. PNF in practice: an illustrated guide, 4th ed. Heidelberg. Springer. 2016.
- 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.
- Bae CH, Kim SI, Cho SH, et al. Effect of early exercise therapy on proprioception and pain scale after total knee replacement. *The Journal of Korean Society of Health Sciences*. 2013;10(2):69-78.
- Bong SY, Kim YJ, Kang MG, et al. Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation exercise on forced expiratory volume at one second, pain, and functional disability index of chronic low back pain patients. *PNF and Movement*. 2016;14(3):185-193.
- Capdevila X, Barthelet Y, Biboulet P, et al. Effects of perioperative analgesic technique on the surgical outcome and duration of rehabilitation after major knee surgery. *Anesthesiology*. 1999;91(1):8-15.
- Cho WS, Youm YS, Yang BS. The causes of revision total knee arthroplasty. *The Journal of the Korean Orthopaedic Association*. 2007;42(2):216-220.

- Comelius WL, Hands MR. The effects of a warm-up on acute hip joint flexibility using a modified PNF stretching technique. *Journal of Athletic Training*. 1992;27(2):112-114.
- Jeong WM, Kim BR, Kang MG. Effect of treadmill training and proprioceptive neuromuscular facilitation lower leg taping on balance and gait ability in stroke patients. *PNF and Movement*. 2016;14(2):83-91.
- Jeong WM, Kim BR. The effects of proprioceptive neuromuscular facilitation exercise on the pain and functional disability index of patients with chronic lower back pain. *PNF and Movement*. 2017;15(2):195-200.
- Jogi P, Zecevic A, Overend TJ, et al. Force-plate analyses of balance following a balance exercise program during acute post-operative phase in individuals with total hip and knee arthroplasty: A randomized clinical trial. *SAGE Open Medicine*. 2016;4(1):1-9.
- Jo H. The effects of neuromuscular electrical stimulation on quadriceps muscle strengthening and balance in patients with total knee arthroplasty. Daegu University. Dissertation of Master's Degree. 2016.
- Kim BR, Lee HJ. Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation-based abdominal muscle strengthening training on pulmonary function, pain, and functional disability index in chronic low back pain patients. *Journal of Exercise Rehabilitation*. 2017;13(4):486-490.
- Kim CH, Kim BR, Kang MG. Effect of rhythmic stabilization technique, before proprioceptive neuromuscular facilitation wrist taping, on grip strength and pain in wrist pain patients. *PNF and Movement*. 2016;14(2):105-112.
- Kim CH, Kim BR. The effects of abdominal strength training using proprioceptive neuromuscular facilitation on the balance ability and pain of patients with chronic lower back pain. *PNF and Movement*. 2017;15(2):141-148.
- Klein DA, Stone WJ, Phillips WT, et al. PNF training and physical function in assisted-living older adults. *Journal of aging and physical activity*. 2002;10(4):476-488.
- Lee KM, Lee JH, Kwok CS, et al. Effect of closed chain exercise on strength of vastus medialis obliquus muscle and functional activities in patients with total knee replacement. *The Korean Academy of Neural Rehabilitation*. 2017;7(1):29-35.
- Lee SH. The effects of physical therapy intervention methods on range of motion, muscular strength, and balance after total knee replacement. Kwangju Women's University. Dissertation of Master's Degree. 2014.
- Lingjaerde O, Førelund AR. Direct assessment of improvement in winter depression with a visual analogue scale: high reliability and validity. *Psychiatry Research*. 1998;81(3):387-392.
- MacDonald SJ, Bourne RB, Rorabeck CH, et al. Prospective randomized clinical trial of continuous passive motion after total knee arthroplasty. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2000;(380):30-35.
- 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.
- Mizner RL, Petterson SC, Snyder-Mackler L. Quadriceps strength and the time course of functional recovery after total knee arthroplasty. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2005;35(7):424-436.
- Moffet H, Collet JP, Shapiro SH, et al. Effectiveness of intensive rehabilitation on functional ability and quality of life after first total knee arthroplasty: a single-blind randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2004;85(4):546-556.
- Noh EK. The study of functional training in static and dynamic balance after total knee arthroplasty in elderly patients.

- Eulji University. Dissertation of Master's Degree. 2016.
- Oh SK. The influence of interferential current therapy, laser on the pain and functional recovery after total knee replacement. Nambu University. Dissertation of Master's Degree. 2014.
- Park SK, Kim JH. Effects of EMG-biofeedback training on total knee replacement patients' lower extremity muscle activity and balance. *The Journal of Korean Physical Therapy*. 2013;25(2):81-87.
- Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society*. 1991;39(2):142-148.
- Puentedura EJ, Huijbregts PA, Celeste S, et al. Immediate effects of quantified hamstring stretching: hold-relax proprioceptive neuromuscular facilitation versus static stretching. *Physical Therapy in Sport*. 2011;12(3):122-126.
- Rahmann AE, Brauer SG, Nitz JC. A specific inpatient aquatic physiotherapy program improves strength after total hip or knee replacement surgery: a randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2009;90(5):745-755.
- Song MS, Kim BR, Kang MG. The effect of CI technique in PNF and sport taping on pain and grip strength in patients with lateral epicondylitis. *PNF and Movement*. 2016;14(1):33-39.
- Song MS, Kim BR, Kim CH, et al. A case report of a proprioceptive neuromuscular facilitation intervention strategy applied with an ICF tool in a patient with anterior cruciate ligament reconstruction. *PNF and Movement*. 2017;15(1):1-11.
- Werner BC, Holzgrefe RE, Griffin JW, et al. Validation of an innovative method of shoulder range-of-motion measurement using a smartphone clinometer application. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2014;23(11):275-282.
- Yun JY, Lee JK. Effects of a thera-band exercise program on pain, knee flexion ROM, and psychological parameters following total knee arthroplasty. *Journal of Korean Academy of Nursing*. 2016;45(6):823-833.
- Zhou Z, Yew KS, Arul E, et al. Recovery in knee range of motion reaches a plateau by 12 months after total knee arthroplasty. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*. 2015;23(6):1729-1733.