



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위논문

슬관절 전치환 수술 후 PNF와 BOSU 운동이  
통증정도, 하지 근기능 및 근 활성화도에  
미치는 효과

제주대학교 대학원

체육학과

박 건 주

2021년 8월



# 슬관절 전치환 수술 후 PNF와 BOSU 운동이 통증정도, 하지 근기능 및 근 활성도에 미치는 효과




지도교수 김 영 표

박 건 주

이 논문을 체육학 석사학위 논문으로 제출함

2021년 6월

박건주의 체육학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장 서 태 범   
위 원 김 미 영   
위 원 김 영 표 

제주대학교 대학원

2021년 6월

<국문초록>

## 슬관절 전치환 수술 후 PNF와 BOSU 운동이 통증정도, 하지 근기능 및 근 활성화도에 미치는 효과

박 건 주

제주대학교 대학원 체육학전공

지도교수 김 영 표

본 연구의 목적은 슬관절 전치환 수술 후 1~2주 사이의 환자에게 2주간 CPM과 PNF, CPM과 BOSU를 운동을 적용하여 통증정도, 유연성, 하지 근기능 및 근 활성화도에 미치는 효과와 설문지를 통해 무릎관절의 건강 및 기능 상태(WOMAC)의 변화에 미치는 영향을 연구하는데 있다. 본 연구는 만 55세 이상의 슬관절 전치환술을 받은 후 1~2주 사이의 성인 여성 10명을 대상으로 하였으며, PNF와 BOSU 운동프로그램에 따라 PNF 집단, BOSU 집단으로 2개의 집단들로 구성하였다. 측정 자료는 SPSS Ver 21.0을 이용하여 각 변인의 평균과 표준편차를 산출하였다. 집단 간, 시기 간에 대한 상호작용분석을 위해 이원반복측정분산분석(two-way repeated measures ANOVA)을 실시하였다. 실험 사전과 사후의 집단 간의 차이를 비교하기 위해 독립표본  $t$ 검정(independent  $t$ -test)을 시행하였으며, 집단 내 변화를 확인하기 위해 대응표본  $t$ 검정(paired  $t$ -test)을 시행하였다. 모든 분석의 유의수준( $p$ )은 .05로 설정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

첫째, PNF 운동프로그램에 따른 유연성은 체전굴의 변화에서 유의한 차이가 나타났다.

둘째, BOSU 운동프로그램에 따른 근 활성도는 외측광근의 변화에서 유의한 차이가 나타났다.

본 연구의 결과를 종합해 보면 PNF 운동 프로그램은 슬관절 전치환술 이후 조기 재활에 유연성에 긍정적인 효과가 나타났고, BOSU 운동프로그램은 근력발달에 긍정적인 효과가 나타났다. 따라서, 슬관절 전치환술 후 조기 재활에 PNF와 BOSU 운동을 복합적으로 적용한 프로그램이 필요하다고 사료된다.

# 목 차

<b>I. 서 론</b> .....	<b>1</b>
1. 연구의 필요성 .....	1
2. 연구의 목적 .....	5
3. 연구의 가설 .....	5
4. 연구의 제한점 .....	6
5. 용어의 정의 .....	7
<b>II. 이론적 배경</b> .....	<b>8</b>
1. 슬관절 전치환술과 관절가동범위 .....	9
2. PNF(고유수용성신경근촉진법)의 효과 .....	10
3. BOSU 운동의 효과 .....	11
4. 근전도 .....	12
<b>III. 연구 방법</b> .....	<b>15</b>
1. 실험설계 .....	15
2. 운동처치 프로그램 설계 .....	18
3. 측정항목 및 방법 .....	21
4. 자료처리 .....	28
5. 연구결과 .....	29
<b>IV. 논의</b> .....	<b>51</b>
<b>V. 결론 및 제언</b> .....	<b>58</b>
1. 결 론 .....	58
2. 제 언 .....	59
<b>참고문헌</b> .....	<b>62</b>
<b>부 록</b> .....	<b>72</b>

## List of Tables

Table 1. Characteristics of participants .....	17
Table 2. Total of PNF and BOSU training program .....	18
Table 3. PNF training method total elapsed time 50 mim .....	20
Table 4. BOSU training method total elapsed time 50 mim .....	20
Table 5. Electrode attachment site .....	26
Table 6. The result of two-way repeated ANOVA for VAS .....	29
Table 7. Comparision of VAS 2 weeks after exercises .....	30
Table 8. The result of two-way repeated ANOVA for sit and reach .....	31
Table 9. Comparision of sit and reach 2 weeks after exercises .....	31
Table 10. The result of two-way repeated ANOVA for ROM .....	33
Table 11. Comparision of ROM 2 weeks after exercises .....	33
Table 12. The result of two-way repeated ANOVA for TUG .....	35
Table 13. Comparision of TUG 2 weeks after exercises .....	35
Table 14. The result of two-way repeated ANOVA for rectus femoris .....	37
Table 15. Comparision of rectus femoris 2 weeks after exercises .....	37
Table 16. The result of two-way repeated ANOVA for vastus medialis .....	39
Table 17. Comparision of vastus medialis 2 weeks after exercises .....	39
Table 18. The result of two-way repeated ANOVA for vastus lateralis .....	41
Table 19. Comparision of vastus lateralis 2 weeks after exercises .....	41
Table 20. The result of two-way repeated ANOVA for pain .....	43

Table 21. Comparison of pain 2 weeks after exercises .....	43
Table 22. The result of two-way repeated ANOVA for stiffness .....	45
Table 23. Comparison of stiffness 2 weeks after exercises .....	45
Table 24. The result of two-way repeated ANOVA for function .....	47
Table 25. Comparison of function 2 weeks after exercises .....	47
Table 26. The result of two-way repeated ANOVA for total .....	49
Table 27. Comparison of total 2 weeks after exercises .....	49



## List of Figure

Figure 1. The experimental design .....	16
Figure 2. Visual analogue scale .....	21
Figure 3. Flexibility test .....	22
Figure 4. ROM test .....	23
Figure 5. Timed up and go test .....	24
Figure 6. EMG test .....	26
Figure 7. Comparision of VAS 2 weeks after exercises .....	30
Figure 8. Comparision of sit and reach after 2 weeks after exercises .....	32
Figure 9. Comparision of ROM 2 weeks after exercises .....	34
Figure 10. Comparision of TUG 2 weeks after exercises .....	36
Figure 11. Comparision of rectus femoris 2 weeks after exercises .....	38
Figure 12. Comparision of vastus medialis 2 weeks after exercises .....	40
Figure 13. Comparision of vastus lateralis 2 weeks after exercises .....	42
Figure 14. Comparision of pain after 2 weeks after exercises .....	44
Figure 15. Comparision of stiffness 2 weeks after exercises .....	46
Figure 16. Comparision of function after 2 weeks .....	48
Figure 17. Comparision of total 2 weeks after exercises .....	50

# I. 서 론

## 1. 연구의 필요성

국민건강보험공단에서 ‘다빈도 수술 질환별 20위’를 조사한 결과, 무릎 관절증으로 인한 슬관절 치환술은 2008년에 11위에서 2018년도는 6위로 상승했다. 슬관절 치환술 수술건수를 살펴보면, 인구 10만명 당 2008년도에 82.51건에서 2018년도에 136.56건으로 약 1.65배 증가하였다(국민건강보험공단, 2019). 슬관절 치환술 수술건수가 증가되는 현상은 나이, 유전적 요소, 비만 등으로 슬관절 연골의 손상되어 수술건수가 증가되었다고 볼 수 있다. 슬관절 연골이 점진적으로 손상되거나 염증, 통증이 발생하는 질환으로 퇴행성관절염이 가장 흔하다.

슬관절 퇴행성관절염은 통증과 염증이 동반되어 하지 근력과 운동 수행능력을 저하시키며, 관절의 강직과 변형, 제한된 움직임 및 고유수용성감각기능이 저하되어 신체의 균형 능력을 감소시키는 것으로 보고되었다(박승규, 김제호, 2013). 슬관절 퇴행성관절염 치료방법은 약물요법, 물리치료, 수술 등과 같은 다양한 치료 방법들이 시도되고 있으며, 관절의 손상정도가 심하고 극심한 통증으로 일상생활에 지장이 있을 경우 슬관절 전치환 수술(total knee replacement, TKR)이 권장된다고 보고하였다(박승규, 김제호, 2013). TKR의 수술방법은 변형된 관절연골 부위를 제거하고 그 공간에 삽입물(metal)을 이용하여 슬관절을 재건하는 수술이다(정명실, 광혜선, 2008). TKR의 목적은 슬관절 인대의 안정성을 유지시키는 수술로 통증은 감소되고, 운동수행능력을 회복시켜 일상생활로 복귀할 수 있도록 한다. 하지만 TKR을 받은 대다수의 환자들은 수술부위에 심한 통증과 후유증으로 능동적 관절가동범위(range of motion, ROM)가 감소된다. 그로인해 시간이 지날수록 하지 근력이 저하되고, 관절의 경직이 발생한다(신이슬, 이영희, 2018).

ROM은 관절의 운동범위를 말하며, 슬관절의 굴곡 운동 범위는 0°~130°가 된다. 관절의 가동범위를 감소시키는 요소는 관절질환, 근육질환, 비활동(inactivity) 그리고 수술 및 외상으로 고정 등이 있다. 따라서 ROM의 감소는 일상생활 활동에 제한

을 주기 때문에 TKR 환자들은 재활이 중요하며 ROM을 증가시켜야 한다(Lenssen et al., 2008). TKR 환자의 통증감소와 ROM 증가를 위한 운동방법으로는 등속성 운동을 활용한 연속수동운동(continuous passive motion, CPM)이 가장 많이 사용되고 있다(하현주, 오민석, 2017). 1970년대 Dr.Salter에 의해 처음 CPM의 개념이 정립되었으며, 관절의 구축을 막으며 ROM을 증가시키는 목적으로 주로 사용된다(하현주, 오민석, 2017).

그러나 CPM은 근력향상에 어려움이 있어 TKR로 인해 저하된 하지 근력을 증가시키기 위한 추가적인 운동이 요구된다. TKR 이후에 근력을 증가시키기 위해서는 수중저항운동(aquatic resistance training, ART)이 슬관절 신전근의 근력을 유의하게 향상시켰고, 계단 오르기 시간은 유의하게 감소시켰다고 보고하였다(Valtonen, Poyhonen, Sipila & Heinonen, 2010). 또한 TKR 후 조기에 신경근 전기자극(neuromuscular electrical stimulation, NMES)을 통하여 하지근력 향상과 보행 기능이 개선되었다고 보고하였다(Stevens-Lapsley, Balter, Wolfe, Eckhoff & Kohrt, 2012). 윤지영과 이종경(2015)의 연구에서는 슬링운동(sling exercise)과 세라밴드(theraband)를 이용한 근력운동이 ROM, 근력 및 고유수용성감각기능 향상에 긍정적인 결과가 나타난다고 보고하였다.

고유수용성감각(proprioceptor sensory)이란 주로 근육, 피부, 관절 등으로부터 나오는 운동 및 자세에 대한 감각을 관장하는 운동감각수용기라고 한다(Prochazka, 1996). 고유수용성 감각을 자극하고 정상 반응을 촉진하는 방법 중 하나인 고유수용성신경근촉진법(proprioceptor neuromuscular facilitation, PNF)이란 대각선과 나선형 패턴을 이용해 근육의 길이나 장력에 대해서 구심성 흥분을 유발하는 근방추나 건방추기관 등 신경근기전의 반응을 촉진하는 방법이다(김수민, 배성수, 2005). 따라서 PNF는 통증을 감소시키고, 근력, ROM, 신체의 기능적 움직임 등을 향상시킨다(정왕모, 김범룡, 2017). 지상구, 차현규, 이동걸(2013)의 연구에 따르면, PNF 체간 패턴 훈련이 뇌졸중 환자의 하지 근기능과 균형 감각 능력을 향상시켰으며, PNF 스포린터 패턴 훈련은 뇌졸중 환자의 근 활성화 증가와 균형 감각 능력을 향상시키는데 긍정적인 효과가 나타났다고 보고하였다(정우식, 정재영, 김찬규, 정대인, 김경윤, 2011). 송태승, 김완수, 유상원(2000)은 편측 상지에 PNF를 적용하였더니 어깨 근육 움직임에 도움이 된다고 보고하였다. PNF 적용은 중추신경계 환자뿐만 아니라 근골

격계 환자의 치료에도 널리 사용되고 있다. 그리고 TKR 환자 대상으로 PNF 하지 패턴을 이용한 근력운동을 실시한 결과 통증과 균형감각능력에 긍정적인 효과가 나타났다(이주현, 2010), 만성적 발목 불안정성이 있는 대상자에게 PNF 적용이 발목 안정성에 효과적인 결과가 나타났다(권지영, 2018). 하지만 최보람, 고민석, 이원희(2016)의 연구에서 노인을 대상으로 근력강화를 위해 PNF 적용을 하였더니 유의한 차이가 나타나지 않아 다른 선행연구와 상반된 결과가 나타났다.

TKR 환자에게 PNF 적용 방법 외에도 근력과 균형감각능력을 향상시키는 다양한 운동방법을 적용하고 있다. 그중에서 소도구를 이용하여 불안정한 지지면에서 운동을 적용한 연구가 활발히 진행되고 있다. 신체의 발란스 및 고유수용성감각을 활성화 시킬 수 있는 소도구로는 도구(TOGU), 발란스 패드(balance pad), 스태빌리티 트레이너(stability trainer), 보수 볼(both side up ball, BOSU) 등이 사용된다. BOSU는 스태빌리티 트레이너나 도구에 비해 가장 높은 불안정성을 제공한다. 불안정성이 높은 소도구를 이용한 운동은 근신경 전달체계(neuromuscular delivery system)를 자극하여 주동근과 협력근의 동시수축(co-contraction)을 통해 가동성과 안정성을 향상시키고 근력 및 균형감각능력의 향상을 극대화 시킬 수 있다(Verhagen, 2004). BOSU 운동은 한쪽이 평평하고 다른 쪽이 볼록한 반구형의 팽창한 볼로써 불안정한 지지면을 형성하여 균형감각능력, 근 활성화도, 근력 등을 향상시킬 수 있도록 하는 전신운동이며, 다양한 운동을 실시할 수 있다(Behm & Colado, 2012). BOSU를 활용한 스쿼트 운동은 균형감각능력을 높이고, 체간 근육, 둔근과 하지의 근 활성화도를 향상시켰다(Saeterbakken et al., 2014). 또한, 석민화, 왕승용, 신윤아(2014) 연구에서도 외발 스쿼트를 진행 할 때 스태빌리티 트레이너를 이용해서 무게부하와 불안정한 지지면을 이용한 집단이 안정 지지면에서 실시한 집단보다 하지의 근 활성화도가 향상된 결과가 나타났다. 이와같이 불안정한 지지면을 형성하는 소도구를 활용한 운동이 근 활성화도 향상에 긍정적인 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 또 다른 선행연구에서도 도구를 활용하여 여성 노인 환자 대상으로 발란스 운동을 실시한 결과(김은자, 최영덕, 김명준, 2016), 뇌졸중 환자에게 발란스 패드를 이용하여 균형운동을 실시한 결과(이지연, 노효련, 2011), 태권도 품새 선수에게 BOSU를 이용한 운동 프로그램 실시한 결과(변정은, 김남수, 2019) 모두 안정지지면 보다 불안정한 지지면에서 운동을 하였을 때 균형감각능력, 근력, 근 활성화도 향상에 효과적

으로 나타났다고 보고하였다. 그리고 슬개동통증후군 여성에게 재활 운동 시 BOSU를 활용하여 보행연습을 한 결과 균형 패턴과 보행이 안정적으로 나타났고(전경규, 박상용, 2016). 고관절 내전근 수축을 동반한 교각운동을 실시할 때 BOSU를 이용한 경우 안정 지지면보다 하지 근 활성도가 높게 나타났다(윤수은, 이선영, 이호성, 2017). 하지만 다른 선행연구에서는 불안정한 지지면에서 운동이 근 활성도를 감소시킨다는 결과도 보고하였다(이진, 황세돈, 2018).

TKR 환자에게 재활운동처치에 관련된 선행연구를 살펴보면 PNF 처치에 관련된 선행연구는 다양하나, BOSU 운동처치에 관련된 연구는 미흡하다. 그리고 TKR 환자에게 재활 초기에 통증을 감소시키며 하지 균형감각 능력, ROM, 근기능 향상, 근 활성도를 증가 시킬 수 있는 프로그램이 필요한 실정이다.

따라서, 본 연구는 TKR 환자에게 PNF와 BOSU 운동처치 프로그램을 설계하고 운동처치 프로그램에 따라 통증, ROM, 하지 근기능 및 근 활성도의 향상에 효과적 인가를 비교 분석하고, 재활 초기의 운동처치 프로그램을 제시하고자 한다.

## 2. 연구의 목적

본 연구는 슬관절 전치환 수술 후 1~2주 사이의 환자에게 2주간 CPM과 PNF, CPM과 BOSU를 운동을 적용하여 통증정도, 유연성, 하지 근기능 및 근 활성화도에 미치는 효과와 설문지를 통해 무릎관절의 건강 및 기능 상태(WOMAC)의 변화를 규명하는데 있다.

## 3. 연구의 가설

본 연구 가설은 다음과 같이 설정하였다.

- 1) PNF와 BOSU 운동처치방법에 따른 시각 통증 정도(VAS)의 변화는 차이가 있을 것이다.
- 2) PNF와 BOSU 운동처치방법에 따른 유연성의 변화는 차이가 있을 것이다.
- 3) PNF와 BOSU 운동처치방법에 따른 하지 근기능의 변화는 차이가 있을 것이다.
- 4) PNF와 BOSU 운동처치방법에 따른 하지 근 활성화도 변화는 차이가 있을 것이다.
- 5) PNF와 BOSU 운동처치방법에 따른 WOMAC의 변화는 차이가 있을 것이다.

#### 4. 연구의 제한점

본 연구를 수행하는데 다음과 같은 제한점이 있다.

- 1) 본 연구의 대상자는 슬관절 전치환 수술 후 1~2주 사이의 대상으로 제한하였다.
- 2) 대상자들의 생리적과 심리적 요인을 통제하지 못하였다.

## 5. 용어의 정의

본 연구에서 사용되는 용어에 대한 정의는 다음과 같다.

1) 슬관절 전치환 수술(total knee replacement, TKR)

관절염으로 인한 손상된 부분을 제거하고 인공관절로 대체하는 수술법으로 사용하고 있다.

2) 연속수동운동(continuous passive motion, CPM)

수술 직후, 또는 외상 후 관절 가동 범위를 증가시키면서 연골의 재형성을 촉진하기 위한 목적으로 사용하고 있다.

3) 고유수용성신경근촉진법(proprioceptor neuromuscular facilitation, PNF)

중추신경계 손상 또는 기타 다양한 손상으로 인하여 운동기능이 저하된 사람에게 적용하는 치료기법이다.

4) 보수 볼(both side up ball, BOSU)

한쪽이 평평하고 다른 쪽이 볼록한 반구형의 운동 도구이다.

5) 관절가동범위(range of motion, ROM)

관절이 최대한으로 움직일 수 있는 한도를 말한다.

6) 활성도(root mean square, RMS)

시간적 흐름에 따른 근육 사용량의 변화, 즉 힘의 크기와 연관성이 높게 나타나는 변수이다.



## II. 이론적 배경

### 1. 슬관절 전치환술과 관절가동범위

#### 1) 슬관절의 정의

슬관절은 무릎관절이라 하며 인체에서 가장 크지만 경골 상단 관절면이 비교적 평평하고 대퇴골 관절면이 둥근 모양으로 접촉하고 있기 때문에 고관절에 비해 불안정하다. 대퇴골, 경골, 슬개골로 구성되어 있는 슬관절은 주위의 근육이나 인대로 안정성을 유지한다. 관절 내 구조물로는 내측 측부인대, 외측 측부인대, 전방 십자인대, 후방 십자인대로 구성되며, 측부인대는 내·외전을 막아 안정성을 유지하며 십자인대는 전·후방 이동을 막아 안정성을 유지한다. 슬관절의 근육들은 굴곡근과 신전근으로 구분되어 슬관절을 안정시키고 보호하며 다양한 기능을 수행하게 된다(대한정형외과학회, 1999).

#### 2) 슬관절의 전치환술

대퇴와 경골의 관절면을 모두 삽입물로 바꾸어 주는 슬관절 전치환술은 다른 외과적 치료와 비교해 볼 때 동통이 적고 재활이 빠르다는 장점이 있으며 60세 이상의 퇴행성 관절염과 류마토이드 관절염 환자 중 관절병변이 심한 모든 연령층의 환자에게 적용이 가능하다(배대경, 2003).

슬관절 전치환술은 퇴행성 관절염, 류마티스 관절염, 골괴사, 신경병증성관절염과 혈우병성관절염에도 시도되고 있으며, 류마티스 관절염의 경우 다양한 연령대에서 시행되고 있으나 퇴행성 관절염의 경우 운동선수, 50세 이하, 심한 과체중 환자 등에서는 적응증이 아니다. 신경병증성관절염, 혈우병성관절염에서는 고도의 수술 수기가 요구된다(배대경, 2003).

관절 치환술은 인체의 모든 관절에서 시행되며 고관절과 슬관절에서 가장 많이 적용된다. 슬관절은 고관절과 달리 해부학적 생체역학적 측면에서 복잡한 구조로 되어있으나, 장기간에 걸쳐 생체역학적 지식 및 수술 수기의 경험적 축적과 인공관절의 재료 및 수술기구의 발전에 의해 적용 범위가 넓어지게 되었다(배대경, 2003).

슬관절 전치환술은 1950년대 후반에 시작되었고 1970년대부터 급속한 발전을 하게 되는데 인공관절의 재료를 인체에 부작용이 거의 없는 stainless steel 또는 코발트 크롬의 합금과 고밀도 폴리에틸렌을 사용하고 인공관절의 고정은 골 시멘트로 뼈에 단단히 부착시켰다. 최근에는 press fit fixation과 porous coating과 같이 생물학적으로 새로운 골 형성을 유도하여 골 시멘트를 사용하지 않기도 한다.

슬관절 전치환술은 긍정적인 면과 부정적인 면을 내포하고 있다. 일반적으로 수술 후 10-12주 뒤에는 일상생활로 돌아가지만, 완벽한 회복과 치유는 수술 후 9-12개월의 시간이 필요하다(Paul, 2005).

그리고 슬관절 수술 후에는 불안정성으로 인하여 빈번한 부종, 동통, 보행장애 등이 나타날 수 있으며 중장기적으로는 감염이나 마모의 빈도 등이 높아져 재수술 하는 경우도 발생한다(조우신, 2009).

### 3) 슬관절의 관절 가동범위

유명철(1995)에 따르면 인공관절 수술 후 근육이 위축되거나 약해져 있으면 슬관절을 충분히 보호할 수 없다. 그리고 Kettelkamp(1976)는 수술 성과를 결정하는 중요한 부분은 수술 후에도 관절 가동의 범위 제한을 일정 수준 이상으로 회복하는 것이라고 했다. 슬관절의 구축이나 굴곡의 제한은 일상생활에서 많은 지장을 준다. 의자에서 앉고 일어서기에는 105°의 슬관절 굴곡각이 필요하고, 계단을 오를 시에는 83°, 내려가기 시에는 90°, 평지를 정상적으로 보행하기 위해선 67° 굴곡이 필요하다고 알려졌다(배대경, 윤경호, 송상준, 하정환, 2004). 대부분의 환자들은 슬관절 전치환술 후 통증이 감소와 평지 및 계단 보행이 가능한 관절 가동 범위와 근력을 얻을 수 있다(Diduch et al., 1997)고 알려졌지만, 최충혁, 김강욱, 성일훈, 박예수(2006)의 연구에서 보면 수술 후 가장 만족스러운 점은 통증의 감소 및 보행의 기능회복이지만, 우리나라 환자들이 수술 후 가장 아쉬워하는 점은 쪼그려 앉는 등의 굴곡 범위의 제한이다.

## 2. PNF( 고유수용성신경근촉진법 )의 효과

1940년대 Dr. Herman Kabat의해 시작된 고유수용성신경근촉진법(proprioceptive neuromuscular facilitation)은 고유 수용기의 자극에 의하여 신경근 기전의 반응을 증진시키고, 촉진시키기 위해서 고안된 것이다(배성수 등,2003). Kisner와 Colby(2002)에 의하면 촉진기법(facilitation technique)의 뜻은 쉽게 운동을 하게 한다는 의미를 가지고 있으며, 안정성, 가동성촉진, 신경근 조절, 협응된 움직임과 같은 근력과 지구력을 발전시키는데 사용될 수 있다. 기능회복과, 운동반응을 촉진시키거나 강화하기 위해 여러 감각을 자극하여 운동의 전 과정에 유용하게 사용될 수 있다. 고유수용성 신경근 촉진법은 중추신경계 손상과 말초신경계 손상뿐만 아니라 정형외과, 신경외과 환자등에 사용 되고 있다. 또한, 스포츠의학 등에서도 사용되어 지고 있다(배성수, 1993).

PNF 운동 패턴은 상지, 하지, 체간, 두부 및 측두하악패턴으로 구분할 수 있으며, 주된 운동이 일어나는 관절을 축으로 하여 다양한 패턴을 갖게 된다. 임상적으로 각각의 패턴을 사용할 때 율동적 개시, 율동적 안정, 반복수축, 강조의 타이밍, 길항근에 의한 역운동, 느린 반전, 길항근과 주동근 반전, 수축-이완, 유지-이완, 등장성 혼합을 적용하게 되면 하나의 패턴이 수많은 변화를 갖게 된다고 하였다(배성수 등, 2003). PNF의 이론적 체계는 Sherrington이 주장한 가중(summation), 후방전(after discharge), 방산(irradiation), 상호교대(reciprocal innervation), 성공적 유도(successive induction)등 저항의 사용은 신장반사를 증가시킨다는 원리를 기초로 된 것이다.

운동패턴의 구성요소는 굴곡 또는 신전, 내전 또는 외전, 내회전 또는 외회전 중 세 가지로 구성되며 다른 어떤 요소보다도 회전이 가장 중요하며, 근육의 길이가 최대로 연장된 위치에서 회전됨으로 근육의 길이가 더 길어지게 되는 여건을 제공하게 된다. 회전은 가시적으로는 운동범위가 세 가지 구성요소 중 가장 작을지라도 반응을 일으키는 가장 큰 역할을 한다(배성수, 정형국, 김호봉, 1998).

PNF의 기본철학에서 치료목적은 기능을 향상시키는 것으로써 치료사는 치료목적에 도달하기 위해 어느 근육군을 수축시킬 것인가를 확실히 정해야 하며, 등장성 수축을 유발시켜 동작을 일으키고 부드럽고 조화된 운동을 목표로 한다(배성수, 1993).

PNF이론은 인간이 가진 잠재력에 기초를 두고 치료사의 경험과 신경생리학, 운동 기능학(kinesiology) 등에 바탕을 두고 있다. 신경생리학적 원리는 동적인 접근(dynamic approach)과 감각/운동체계(sensory/motor system)에 기초를 두고 있다. 이러한 기능적이고 신경근적인 접근의 기초는 동적인 근력, 유연성, 근육 동원(muscle recruitment), 공동작용, 증상부위의 운동조절(motor control of symptomatic region)을 위한 자세(posture)와 움직임 패턴(movement pattern)에서 볼 수 있다. 따라서 알파 운동 뉴런풀(alpha motor neuron pool)을 흥분시키거나 억제하는 것으로 알려진 요소들을 자극하여 최종적인 공통경로에 영향을 주게 된다. 또한, PNF의 기법의 촉진(Facilitation)이라는 것은 억제작용에 대항해서 정상적이고 자연적인 반응과정을 조장하며 신경조직에 영향을 주고 신경저항을 감소시켜 두 번째 자극이 주어졌을 때 더 쉽게 반응을 일으키는 것이다(김태호, 김은정, 정재민, 윤영조, 한진태, 2008).

### 3. BOSU ball의 효과

인간이 일상생활을 영위해 나가거나 목적이 있는 활동을 수행하는데 가장 기본이 되는 요소 중 하나는 균형을 유지하는 능력이다. 균형은 크게 정적 균형과 동적 균형으로 나눌 수 있다. 정적 균형은 자세 유지를 할 때 기저면 내에 중력중심을 두게 하는 능력이고 동적 균형은 신체가 움직일 때 중력 중심을 지지 기저면 내에 있게 만들면서 원하는 자세를 만들 수 있게 하는 능력이다. 균형 유지는 정적, 동적 움직임을 만드는 동안 기저면(Base of support) 위에서 중력중심(Center of gravity)을 유지하는 능력이다.

신체의 균형 유지는 신경계와 근골격계의 통합 능력이 중요하다. 여러 가지 감각 수용기(시각이나 체성감각, 고유수용기, 근피, 관절수용기, 전정감각)로 들어오는 자극을 중추 신경계의 각각 다른 레벨에서의 통합하게 되고 이로 인해서 근긴장, 근력, 지구력 등의 균형 유지 능력에 영향을 준다.

고유수용성 감각은 외부 자극에 대해 의식적 및 무의식적으로 반응하는 중요한 신체적 기능이다. 운동 수행을 유지 및 교정하기 위한 유지 및 교정하기 위한 협응

성, 평형성, 민첩성은 고유수용성 감각에 의해 전체적으로 조절된다. 구심성 감각 정보인 고유수용성 감각은 자세조절 및 관절의 안정성과 인지감각에 기여하는 역할을 한다. 따라서 고유수용성 감각의 손상은 관절 움직임의 기능을 불안정하게 만들고 신체 활동에 부정적인 영향을 준다.

고유수용성 감각을 향상시키기 위하여 다양한 무게부하를 이용하는 운동기구들을 한다. 하지만 이러한 운동기구들은 높은 단가로 인해서 경제적인 부담이 크고 기구의 이동성이 편리하지 않아서 최근에는 경제성, 편리성 및 효율성을 동시에 만족할 수 있는 소도구가 개발되고 있다. 짐볼 및 밸런스 패드, BOSU와 같은 소도구를 이용하여 불안정성이 높은 지면을 활용한 운동은 안정된 지면에서 운동하는 것보다 고유수용성 감각을 증진시키는데 효과적이다.(Anderson & Behm, 2005). 또한 스포츠 손상 등의 다양한 질환 대상자에게 불안정한 지면에서의 균형 유지 훈련이 적용되고 있다(Schilling et al., 2009).

#### 4. 근전도

골격근의 반사 및 수의 운동으로 활동성 수축(active contraction)이 발생하게 되면 자극의 전달로 전기적 전위의 변화가 발생한다. 이때 근육의 활동전위 진폭은 120mV에 이르게 된다. 하지만 대부분의 전기는 표피층이나 근육조직에서 흡수되거나 흩어져서 1/1,000인 120 $\mu$ V로 줄어든다. 근전도는 골격근의 전기적 활동(electrical activity)을 탐지하여 증폭기에서 고배율로 증폭시키고 기록하는 검사는 도구로써 인체 내의 근육 및 신경의 생리적, 기능적면을 진단할 수 있는 전기진단법이다(Sullivan & Portney, 1980). 표면 근전도는 비침습적이고 개개의 근육을 분석할 수 있어 골격근의 기능적 특성을 평가하기에 편리하다. 표면 근전도는 등척성 수축을 하는 동안 두 가지의 매개변수에 의해 종합적으로 기술된다. 활동전위 전도 속도와 속근섬유의 동원비와 비례하는 주파수 스펙트럼 분석을 이용한 중앙 주파수와 활성화된 운동단위의 수와 발화율을 반영한 실효치 진폭이다. 주파수 스펙트럼 분석의 특성은 전극에 의한 영향이 상대적으로 적다. 그리고 근전도 속도나 운동단위 전위의 변화와 여

러 가지 생리, 생화학적 변화에 관계되어 있어서 근육의 기능적 연구에 빈번히 사용되고 있다(정진규, 김태열, 김용남, 황태연, 이정우, 2006).

근전도하나의 운동단위(motor unit)는 한 개의 운동신경(motor neuron)과 여러 개의 근육 섬유들이 모여서 이루어진다. 근섬유들은 척수로부터 나오는 신경에 의해 지배를 받게 된다. 이때 근섬유와 신경섬유 사이를 neuromuscular junction라 한다. 신경의 종말 부위와 근육 표면과의 접합부는 근막에 접합되기 전에 수초(myelin sheath)가 없어지고, 종판(end-plate)을 형성한다. 이때 신경막과 근육막은 약 500~1,000Å의 간격을 형성하게 되는데 이를 시냅스 간격 (synaptic cleft)이라고 한다.

수의근의 수축의 과정을 보면 우선 대뇌의 신경세포가 흥분하여 뇌간 및 척수로 하행한다. 그리고 운동뉴런에 시냅스(synapse)전달을 하게 되는데 시냅스에서는 뉴런 안에서처럼 전기적 전달 방식이 아닌 화학물질에 의해서 전달된다. 운동신경종판의 신경근접합부에서 아세틸콜린 전달이 일어난다. 아세틸콜린 전달에 의해서 근섬유에 활동전위가 생겨 근수축의 기본경로로 진행된다. 아세틸콜린은 종판에서 탈분극을 형성하게 된다. 다시말해 K<sup>+</sup> 및 Na<sup>+</sup>의 투과성을 증가시켜 종판전위를 형성한다. 또 근육에 있는 고유감각 수용기에 있는 정보는 상위 중추에 피드백(feed back)된다.

근섬유의 활성화에 따른 화학적 기전은 근섬유의 세포막에 형성된Na<sup>+</sup>(sodium)와 K<sup>+</sup>(potassium)를 위한 통로 역할을 하는 이온채널은 전압의존형 채널로서 탈분극(depolarization)시 전위를 형성하여 세포 밖 전위(extracellular action potential)를 형성한다. 탈분극화 된 전위는 근섬유의 축 방향으로 전달된다. 각각의 운동단위는 개개의 신경종말(nerve ending) 지배를 받는데 하나의 운동단위는 적게는 3개, 많게는 2,000개의 근육섬유를 관장하여 제어한다. 손가락, 발가락, 손, 얼굴 등에 있는 작은 근육의 운동단위는 소량의 근육섬유를 가지고 있고, 팔이나 다리에 있는 큰 근육의 운동단위는 다량의 근육섬유를 가지고 있다. 실무율(all-or-nothing)에 의하여 종말의 흥분(excitation)이 나타난다. 이러한 흥분에 따른 전기현상이 활동전위이다. 그 결과는 근육에 힘을 발생시켜 수축(twitch)을 일으킨다. 운동단위 활동전위들은 합성되어 근전도 신호를 발생시킨다. 전기적 자극은 운동종판까지 이동하고, 운동종판에서 길이를 따라 양방향으로 전달된다. 운동단위 활동전위(motor unit action potential)란 각각의 운동단위의 근섬유에 전달된 전기적 신호를 말한다. 활성화된 근섬유의 모든 활동전위와 관련된 전압의 총합을 측정할 수 있다(Farina et al.,

2004). 이러한 전압을 원(raw)또는 간섭(interference) 근전도(EMG)신호라 하는데, 근전도의 원신호(raw signal), 삽입전극, 표면전극에서 감지된다. 표면전극(surface electrode)은 비침습적이며, 적용하기 쉽고, 비교적 넓은 영역의 신호를 감지할 수 있어 많이 사용된다. 전기적 방해 신호들을 줄일 수 있는 방법 중에는 신호의 여과(filtering)가 있다. 신호의 여과는 기록된 근전도의 특정 주파수 영역 지대를 제한한다. 대역 통과 여과(band-pass filter)는 고역 통과 여과(high-pass filter)와 저역 통과 여과(low-pass filter)가 있다. 고역 통과 여과(high-pass filter)는 특정 주파수 이하를 차단하고, 이상은 통과하며, 저역 통과 여과(low-pass filter)는 특정 주파수 이상을 차단하고 그 이하를 통과시키는 결합을 말한다. 표면 근전도의 전형적인 대역 통과 여과는 10~500Hz의 신호는 수집 하고 그 외의 주파수를 무시한다. 근전도의 분석은 근육에 부착되어 측정된 신호의 상대적 진폭(amplitude)에 의해서 결정된다. 일반적으로 진폭이 클수록 근육 활성도의 강도 또는 상대적인 근육의 힘이 더 크다는 것을 나타낸다. 또 다른 분석법으로는 근전도의 원진폭(raw amplitude)을 표시하기 위해서 일정 시간에 대한 제곱평균(root mean square, RMS)값을 계산하는 것이다. RMS는 0에 대해서 평균편차와 관련이 있다. 수학적 분석 방법은 전부 양의 신호로 바꾸고 데이터를 제곱화하고 평균화한 후 제곱근을 계산한다. 다른 방법으로는 표현된 근전도 전압을 시각적 계량기 (visual meter), 생체되먹임 기구에서 사용되기도 한다. 근전도 자료의 표준화 방법 중 최대 수의적 등척성 근수축 (maximal voluntary isometric contraction, MVIC)도 많이 사용되어진다. MVIC는 활성화된 근육에서 얻은 신호를 기준으로 삼는다. MVIC의 백분율은 대상자가 다르거나 며칠에 걸친 평가 시 강도나 상대적 진폭을 비교할 수 있다(Hunter et al., 2002).



### III. 연구 방법

#### 1. 실험설계

##### 1) 실험설계

본 연구의 실험설계는 TKR 환자의 요구사항을 근거로 기능적인 문제와 관련된 검사 및 측정을 통해 필요한 운동을 재구성 한 Verhagen 등(2005), Dean 등(2000), 전경규와 박상용(2016)의 운동 프로그램을 근거로 하였고, 본 연구 참여자인 TKR 환자에게 맞도록 전문가 회의를 걸쳐 운동처치방법 프로그램을 재구성하였다.

연구의 실험은 TKR을 받은 후 1~2주 사이의 환자를 대상으로 CPM과 PNF 운동과 CPM과 BOSU 운동을 처치하였다. 운동처치 방법에 따라 연구 참여자의 유연성, 하지 근기능 및 하지 근 활성화도 미치는 효과를 알아보고, 실험은 모두 동일한 환경과 조건에서 실시하였다.

운동 처치를 적용하기 사전에 신체특성 측정과 유연성 검사, 하지 근기능 검사, 하지 근 활성화도 검사, 그리고 무릎관절의 건강 및 기능 상태(WOMAC)를 알아보는 설문지도 진행하였다. 2주간 CPM과 PNF 운동과 CPM과 BOSU 운동처치를 진행하였고, 사후 측정으로 사전측정내용과 동일하게 다시 검사를 진행하여 재활방법을 검증하고자 하였다.

본 연구의 전체적인 실험설계는 <Figure 1>과 같다.



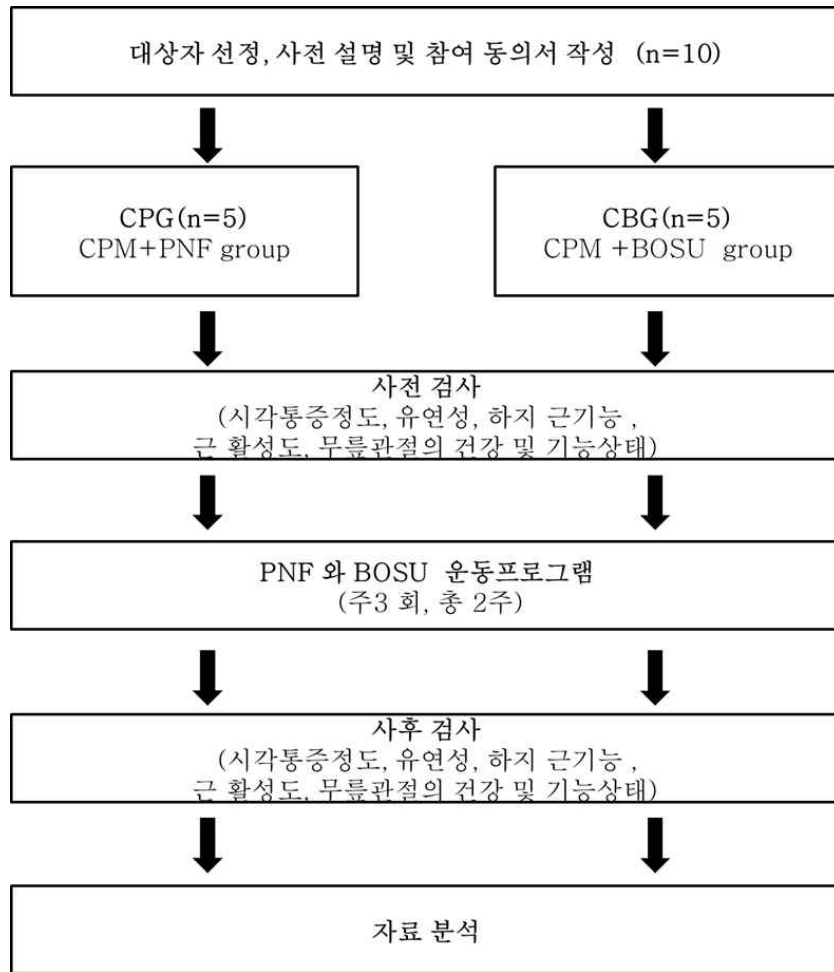


Figure 1. The experimental design

## 2) 연구대상

본 연구는 J지역 S시 소재의 의료원에서 TKR을 받은 후 1~2주 사이의 환자로 만 55세 이상 여자 10명을 선정하였다. 연구 참여자는 실험의 내용과 목적을 설명 듣고, 자발적 참여 동의서를 작성한 후에 실험에 참여하였다.

그룹 구성은 총 10명 대상으로 CPM과 PNF운동을 진행한 PNF집단 5명, CPM과 BOSU 운동을 실시한 BOSU집단 5명으로 분류하였다. 연구 참여자는 실험 사전과 사후에 신체구성, 유연성 검사, 하지 근기능과 근 활성화도 검사를 하고 설문지를 작성하였다. 연구는 제주대학교 생명윤리위원회의 IRB (JJNU-IRB-2020-041)승인을 얻은 후 연구를 수행하였다.

본 연구의 참여대상자의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Characteristics of participants (Mean±SD)

Variables Group	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	Affected side (right/left)
PNF (n=5)	75±6.08	151.4±8.50	56.5±7.26	24.74±3.55	3/2
BOSU (n=5)	73±4.47	151.8±2.58	61.46±9.67	26.61±3.69	4/1

*BMI, Body Mass Index*

*PNF, Continuous passive motion & Proprioceptive neuromuscular facilitation Group;*

*BOSU, Continuous passive motion & Both side up ball Group*

## 2. 운동처치 프로그램 설계

본 연구의 운동처치 프로그램 설계는 TKR 환자의 요구사항을 근거로 기능적인 문제와 관련된 검사 및 측정을 통해 필요한 운동을 재구성한 Verhagen 등 (2005), Dean 등(2000), 전경규와 박상용(2016), 김명기,김신, 김성수(2007)의 운동 프로그램을 근거로 하였다. 본 연구 참여자에게 맞도록 PNF 운동과 BOSU ball 운동으로 재구성하여 PNF와 BOSU의 2개의 집단으로 구성하였다.

PNF 집단의 운동처치 프로그램은 CPM치료를 30분간 실시하고 PNF 운동처치를 20분 진행하였다. BOSU 집단의 운동처치 프로그램은 CPM치료를 30분간 실시하고 BOSU 운동처치를 20분 진행하였다. 2개의 집단 모두 운동 시간은 총 60분이며, 주 3회, 총 2주간 실시하였다.

전체적인 운동프로그램은 <Table 2>와 같다.

Table 2. Total of PNF and BOSU training program

Construction	Type of Training		Time	Intensity	Frequency
Warm up	stretching exercise		5 min		
Main exercise	CPM	CPM	30 min	ROM of painless,	3 days
	PNF	BOSU	20 min	RPE 11-13	/week
Cool down	stretching exercise		5 min		

*CPM, Continuous passive motion; BOSU, Both side up;*

*PNF, proprioceptive neuromuscular facilitation; ROM, Range of motion*

## 1) PNF 집단 운동처치 프로그램

PNF 집단의 운동처치 프로그램은 총 2주를 실시하였다. 세부적인 프로그램은 CPM을 30분 동안 환자에 맞게 진행하고, PNF를 20분간 실시하였다. PNF 처치 테크닉은 1주차와 2주차 동일하게 적용하여 유지이완(hold-relax)기법이 2회, 율동적 안정(rhythmic inhibition) 및 등장성 혼합(combination of isotonic)을 교대로 1회를 구성하여 시행하였다.

1주차 PNF 처치 프로그램의 자세는 누운 자세, 다리 펴고 앉은 자세이며 테크닉은 유지이완, 율동적 안정, 등장성 혼합을 각각 10초 시행 후 10초 휴식을 9회 진행하였다. 운동처치를 총 3분간 진행하고 2분간 휴식을 하였다. 총 PNF 처치방법을 2회 반복하였다.

2주차 PNF 처치 프로그램의 자세는 무릎 구부리고 누운 자세, 앉은 자세이며, 테크닉은 1주차와 같은 기법으로 적용하였지만 세부적인 운동법은 다르게 적용하였다. 처치와 휴식 시간, 반복횟수는 1주차와 동일하게 시행했다.

PNF 집단의 세부적인 운동프로그램 내용은 <Table 3>과 같다.

## 2) BOSU 집단의 운동프로그램

BOSU 집단의 운동처치 프로그램은 총 2주를 실시하였다. 세부적인 프로그램은 CPM을 30분 동안 환자에 맞게 진행하고, BOSU를 20분간 실시하였다. BOSU 운동처치 프로그램은 1주차와 2주차 포지션과 세부적인 운동법은 다르게 적용하였다.

1주차 BOSU 운동처치 프로그램의 자세는 앉은 자세, 앉았다가 일어서기 자세, 정적 기립자세를 각각 10초 시행 후 10초 휴식을 9회 진행하였다. 운동처치를 총 3분간 진행하고 2분간 휴식을 하였다. 총 BOSU 운동처치 방법을 2회 반복하였다.

2주차 BOSU 운동처치 프로그램의 자세는 동적기립자세, 한발서기, 제자리 걷기이며, 세부적인 운동법은 다르게 적용하였다. 처치와 휴식 시간, 반복횟수는 1주차와 동일하게 시행했다.

BOSU집단의 세부적인 운동프로그램은 <Table 4>과 같다.

Table 3. PNF training method total elapsed time 50 mim

Type	Process	Position	Training	Technique	Time	Rest	Rep	Set	Set rest
CPM	1~2 week	Supine	Slowly increase ROM without pain		30 min	-	-	-	-
		Supine	Assisted knee flexion with a strap	HR					
	1 week	Long sitting	Knee extension on a towel roll	RI, CI					
Long sitting		Knee flexion by sliding foot on bed	HR						
PNF	2 weeks	Hook lying	Assisted knee extension with strap around the foot	HR	10 sec	10 sec	9 rep	2 set	2 min
		Sitting	Knee extention	RI, CI					
	Sitting	Knee flexion by sliding foot on the floor	HR						

*CPM, continuous passive motion; PNF, proprioceptive neuromuscular facilitation; ROM, range of motion; HR, hold-relax; RI, rhythmic inhibition; CI, combination of isotonic*

Table 4. BOSU training method total elapsed time 50 mim

Type	Process	Position	Training	Time	Rest	Rep	Set	Set rest
CPM	1~2 week	Supine	Slowly increase ROM without pain	30 min	-	-	-	-
		Sitting	Sit and stretch your arms toward the sore side with your hands clasped					
	1 week	Sit to stand	Sit Up & Stand Up					
BOSU	2 weeks	Static standing	Static standing					
		Dynamic standing	Dynamic standing - Weight movement back and forth, left and right in a standing position	10 sec	10 sec	9 rep	2 set	2 min
	One leg standing	One leg standing - Keep your eyes open and standing						
	Walking on BOSU	Walking on BOSU						

*CPM, Continuous passive motion; BOSU, Both side up; ROM, Range of motion;*

### 3. 측정항목 및 방법

#### 1) 신체구성 (Body composition)

연구 대상자들은 신체구성을 측정하기 위하여 12시간의 공복을 유지한 상태에서 오전 9시까지 실험실에 방문하여 신체구성을 측정하였다. 신장은 자동신장계 (DS-103M, Dong San Jenix, Seoul, Korea)를 사용하여 발바닥부터 머리끝까지의 수직 최대 거리를 측정하였다. 체성분 검사는 전기 저항을 이용한 다주파수 생체 전기 임피던스 분석원리를 적용한 체성분 분석기(Inbody 770, Inbody, Seoul, Korea)를 사용하여 체중(body weight), 체질량지수(body mass index, BMI)를 측정하였다.

#### 2) 시각통증정도 (Visual Analogue Scale)

통증이란 실제적 잠재적 조직손상과 관련되거나 이러한 손상으로 인한 불쾌한 감각이나 정서적 경험을 말한다(Merskey & Bogduk, 1994).

본 연구에서의 통증은 주관적 통증을 말하며 주관적 통증은 0에서 10까지의 숫자로 표현하는 숫자척도를 사용하여 VAS의 측정은 재활운동의 시작하는 날 운동 적용 전과 종료일 운동 후 시점에서 실시하였다. 측정한 주관적인 통증을 점수로 나타낸 것이며 점수가 높을수록 통증이 심한 것을 의미한다. 주관적 통증정도를 객관화하고 계량화하는 시각통증정도(Visual Analogue Scale; VAS)를 이용하였고, 통증정도를 0-10점까지의 시각 상사 척도로 측정하였다<Figure 2>.

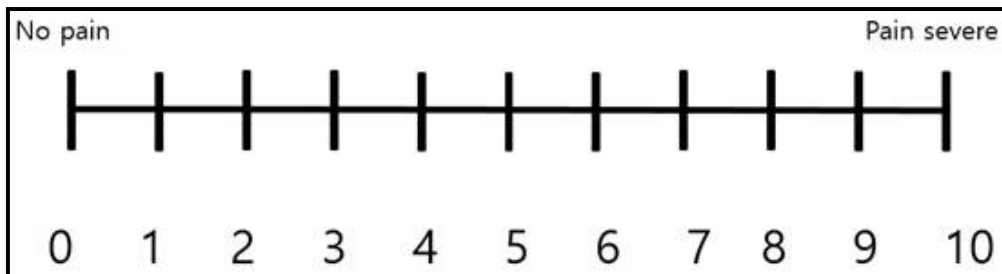


Figure 2. Visual analogue scale

### 3) 유연성 검사(Flexibility test)

#### (1) 체전굴

유연성을 평가하기 위해서는 체전굴을 측정하였다. 체전굴 측정은 체전굴 측정기(SC633616, SKARO, Korea)를 이용하였다. 측정방법은 대상자를 측정기구 수직면에 무릎을 펴고 양쪽 발바닥이 닿도록 앉히고 상체를 천천히 굽히면서 양손의 중지로 측정기를 서서히 밀게 한다. 더 이상 밀지 못하는 지점이 최종 위치이며, 그 값을 기록하였다. 측정기록은 총 2회를 실시하여 최대 수치(cm)를 기록하였다.

체전굴을 측정하는 모습은 <Figure 3>과 같다.



Figure 3. Flexibility test

(2) 관절 가동 범위(Range of motion, ROM)

무릎관절의 가동범위를 측정하기 위해서 관절각도기(Goniometer, Kineman Enterprises, USA)를 사용하여 슬관절 굴곡 각도를 측정하였다.

측정방법은 대상자를 복와위(prone position)에서 대퇴골의 외상과(lateral epicondyle)를 축으로 대퇴골의 대전자(femur greater trochanter)과 이어지는 선을 고정자, 비골의 외복사뼈(lateral malleolus)와 이어지는 선을 움직임자로 하여 통증 없는 수동적 굴곡각(passive range of motion, PROM)을 측정하였다. 측정기록은 총 2회를 실시하였고 최대값(°)을 기록하였다.

ROM을 측정하는 모습은 <Figure 4>와 같다.



Figure 4. ROM test



#### 4) 하지 근기능 검사

하지 근기능을 평가하기 위해서 일어서서 걷기 검사(Timed up and go test, TUG)를 시행하였다. 일어서서 걷기 검사는 보행과 균형능력을 빠르게 측정할 수 있는 검사방법이며, 측정자 간, 측정자 내 신뢰도는  $r=0.98\sim0.99$ 로 신뢰도가 높은 도구이다(Podisadle & Richardson, 1991).

측정방법은 평편한 바닥에 팔걸이가 있는 의자에 대상자는 편안하게 앉는다. 측정자가 “시작”이라는 구호신호와 함께 대상자는 의자에서 일어나서 3m 떨어진 지점의 반환점을 수월한 다리의 방향으로 최대한 빠른 걸음으로 돌아와 다시 의자에 앉는다. 측정 기록은 1회 왕복 걷기에 소요된 시간을 측정하고 총 2회 반복하여 평균 시간을 기록하였다. TUG을 측정하는 모습은 <Figure 5>과 같다.



Figure 5. Timed up and go test

## 5) 근 활성화도(Electromyography)

본 연구에서는 근 활성화도 측정을 위해 Delsys Tringo Wires EMG System(Delsys, USA)을 사용하여 표면 근전도를 측정하였다. 전극을 부착하기 전에 피부 저항을 최소화하기 위해 털을 제거하고 알코올로 부착 부위를 깨끗이 닦은 후에 근육에 전극을 부착하였다. 실험에 사용한 표면 전극은 Avanti Sensor(Delsys, USA)에 연결하여 수집하였다. 근전도 신호의 주파수 대역은 10-350Hz로 정의할 것이며, 표본 추출률(sampling rate)은 1,024Hz로 설정하였다.

수집한 근전도 신호는 보정(rectification)한 후, 평활화를 위해 200ms의 제곱 평균 제곱근법(root mean square; RMS)으로 처리하였다. 대상자들의 동작에 대한 근전도 신호의 측정과 분석을 위하여 EMG Work Acquisition and EMG Work Analysis software Version 4.0(Delsys, USA)를 사용하였다.

근전도 실험을 위해 지정한 근육들은 안용덕, 박종향(2013)의 연구를 근거로 대퇴사두근군(quadriceps muscle group)에서는 수술 부위 쪽의 대퇴직근(rectus femoris), 내측광근(vastus medialis), 외측광근(vastus lateralis)에 부착하였다. 무선 측정 전극을 피부에 밀착시킨 후 종이테이프를 이용하여 견고하게 고정하였다. 접지전극은 운동에 지장을 주지 않은 가까운 부위에 부착하였다. 표면 근전도의 측정은 재활운동의 시작하는 날 운동 적용 전과 종료하는 날 운동 후 시점에서 실시하였다.

전극의 부착지점은 <Table 5>,<Figure 6>와 같다.

Table 5. Electrode attachment site

근육	부착지점
대퇴직근	슬개골과 전상장골극을 이은 선의 1/3부위에서 내측으로 2.5cm 지점
내측광근	대퇴 전·내측 슬개골에서 약 6cm 위 지점
외측광근	대퇴 전·외측 슬개골에서 약 8~10cm 위 지점

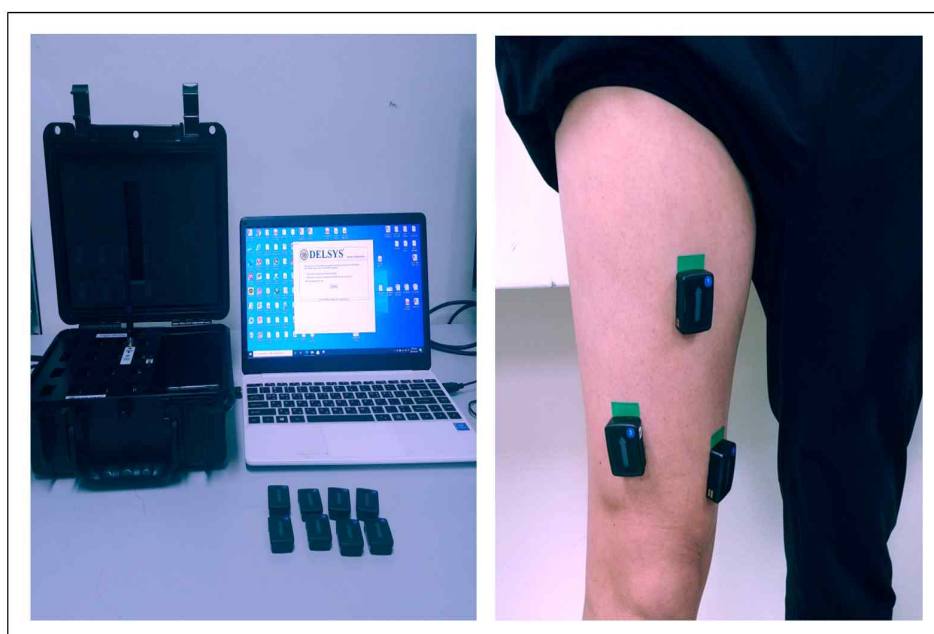


Figure 6. EMG test

## 6) 무릎관절의 건강 및 기능 상태(한글판 WOMAC Index)

WOMAC(Western Ontario and McMaster Universities)은 퇴행성 골관절염 환자에 대한 증상변화를 평가하기 위한 설문지이며, 특히 근골격계 질환의 성과나 무릎관절의 건강 및 기능 상태를 평가하기 위한 설문지이다(Bellamy, 1989).

영문 WOMAC Index의 설문지를 고태성, 김성렬, 이종수(2009)가 한글판 WOMAC Index 설문지로 번역하고, WOMAC Index의 신뢰도와 타당도를 검증한 결과 전체항목에서 0.94이상으로 나타나 한글판 WOMAC Index 신뢰도가 높은 것으로 보고하였다. 한글판 WOMAC Index 설문지는 총24문항으로 통증 5문항(점수 0~20점), 관절의 강직 2문항(점수 0~8점), 신체기능 17문항(점수 0~68점)으로 구성되어 있다. 평가는 리커트 5점 척도(0=none, 1=mild, 2=moderate, 3=severe, 4=extreme)로 하였으며, 점수가 높을수록 퇴행성 골관절염 관련 증상이 심함을 의미한다.

본 연구는 고태성 등(2009)의 한글판 WOMAC Index를 사용하여 대상자의 연령을 고려하여 설문에 대한 상세한 설명을 하고 대상자가 응답할 수 있도록 하여 측정자가 대상자의 대답을 설문지에 기입하였다. 한글판 WOMAC Index 설문지 작성은 재활운동의 시작하는 날 운동 적용 전과 종료일 운동 후 시점에서 실시하였다.

한글판 WOMAC Index 설문지의 내용은 부록에 첨부하였다.

#### 4. 자료처리

본 연구에서 얻은 측정 자료는 SPSS for windows(Version 21.0) 통계프로그램을 이용하여 각 변인의 평균(mean)과 표준편차(standard deviation)를 산출하였다. 집단 간, 시기 간에 대한 상호작용분석을 위해 이원반복측정분산분석(two-way repeated measures ANOVA)을 실시하였다. 실험 사전과 사후의 집단 간의 차이를 비교하기 위해 독립표본  $t$ 검정(independent  $t$ -test)을 실시하였으며, 각 집단 내에 변화량을 확인하기 위해 대응표본  $t$ 검정(paired  $t$ -test)을 실시하였다. 모든 분석의 통계적 유의 수준( $p$ )은 .05로 설정하였다.

## 5. 연구결과

TKR을 받은 후 1~2주 사이의 만 55세 이상 여성 환자를 대상으로 2주간 PNF와 BOSU 운동처치 프로그램을 수행하여 통증정도, 유연성, 하지 근기능 및 근 활성도에 미치는 영향을 규명하기 위하여 실시한 본 연구의 결과는 다음과 같다.

### 1) 시각 통증 척도(visual analogue scale, VAS)

(1) PNF와 BOSU 운동프로그램에 따른 시각 통증 정도의 변화

PNF와 BOSU 운동프로그램에 따른 시각 통증 척도의 측정결과는 다음 <Table 6>, <Table 7>, <Figure 7>과 같다.

Table 6. The result of two-way repeated ANOVA for VAS

Variable	SS	df	MS	<i>F</i>	<i>p</i>	$\eta^2$
Between Subject						
Group	.613	1	.613	.366	.562	.044
<i>Error</i>	13.400	8	1.675			
Within Subject						
Period	82.013	1	82.013	37.278	.001	.823
Group×Period	1.013	1	1.013	.460	.517	.054
<i>Error</i>	17.600	8	2.200			

<Table 6>의 이원반복측정분산분석 결과를 보면, 집단 간에 따른 변화에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.366$ ,  $p=.562$ ). 반면, 측정시기 간( $F=37.278$ ,  $p=.001$ )에는 유의한 차이가 나타났다. 측정시기에 따른 상호작용 효과에서 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.460$ ,  $p=.517$ ).

Table 7. Comparison of VAS 2 weeks after exercises (score)

Group \ Variable	Pre	Post	<i>t</i>	<i>p</i>
PNF	6.8±0.57	3.2±1.681	5.041	.007
BOSU	6.9±1.342	2.4±1.673	4.025	.016
<i>t</i>	-.153	.754		
<i>p</i>	.884	.472		

PNF, Continuous passive motion & Proprioceptive neuromuscular facilitation Group;  
 BOSU, Continuous passive motion & Both side up ball Group

<Table 7>의 VAS에서 집단 간 비교를 한 결과 사전( $t=-.153$ ,  $p=.884$ )과 사후( $t=.754$ ,  $p=.472$ )에 유의한 차이가 나타나지 않았다.

집단 내 변화를 확인한 결과, PNF 운동그룹( $t=5.041$ ,  $p=.007$ )과 BOSU 운동그룹( $t=4.025$ ,  $p=.016$ )은 사전과 사후에 유의한 차이가 나타났다.

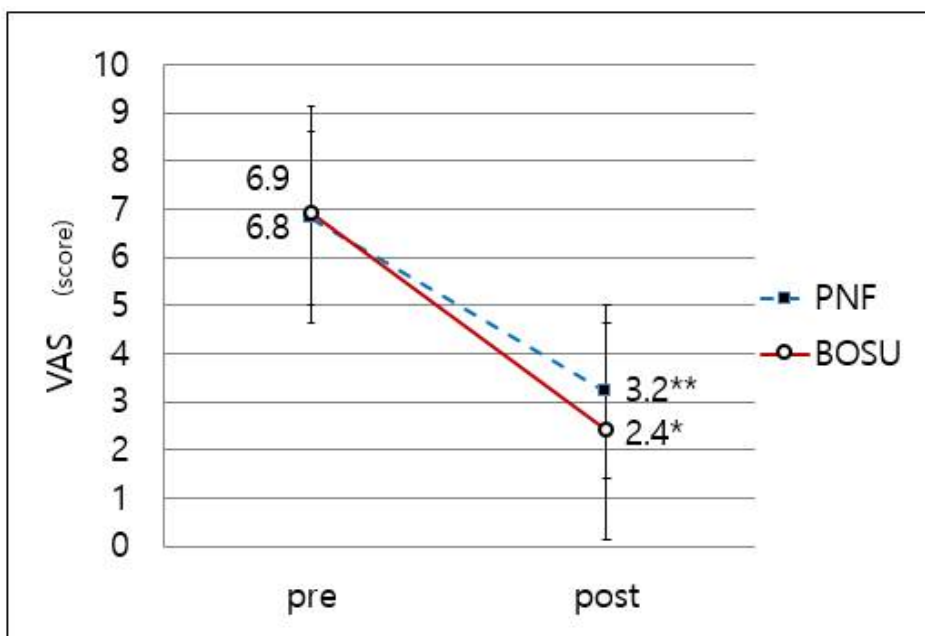


Figure 7. Comparison of VAS 2 weeks after exercises

## 2) 유연성 검사(Flexibility test)

(1) PNF와 BOSU 운동프로그램에 따른 체전굴의 변화

PNF와 BOSU 운동프로그램에 따른 체전굴의 측정결과는 다음 <Table 8>, <Table 9>, <Figure 8>과 같다.

Table 8. The result of two-way repeated ANOVA for sit and reach

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	147.425	1	147.425	2.012	.194	.201
Error	586.108	8	73.264			
Within Subject						
Period	219.785	1	219.785	14.579	.005	.646
Group×Period	16.381	1	16.381	1.087	.328	.120
Error	120.600	8	15.075			

<Table 8>의 이원반복측정분산분석 결과를 보면, 집단 간에 따른 변화에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=2.012$ ,  $p=.194$ ). 반면, 측정시기 간( $F=14.579$ ,  $p=.005$ )에는 유의한 차이가 나타났다. 측정시기에 따른 상호작용 효과에서 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=1.087$ ,  $p=.328$ ).

Table 9. Comparison of sit and reach 2 weeks after exercises (cm)

Group \ Variable	Pre	Post	t	p
PNF	17.98±5.405	22.8±5.859	-4.009	.016
BOSU	10.74±5.807	19.18±8.912	-2.591	.061
t	2.041	.759		
p	.076	.470		

PNF, Continuous passive motion & Proprioceptive neuromuscular facilitation Group;  
BOSU, Continuous passive motion & Both side up ball Group



<Table 9>의 sit and reach에서 집단 간 비교를 한 결과 사전( $t=2.041$ ,  $p=.076$ )과 사후( $t=.759$ ,  $p=.470$ )에 유의한 차이가 나타나지 않았다.

집단 내 변화를 확인한 결과, PNF 운동그룹( $t=-4.009$ ,  $p=.016$ )은 사전과 사후에 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 하지만 BOSU 운동그룹( $t=-2.591$ ,  $p=.061$ )은 사전과 사후에 유의한 차이가 나타나지 않았다.

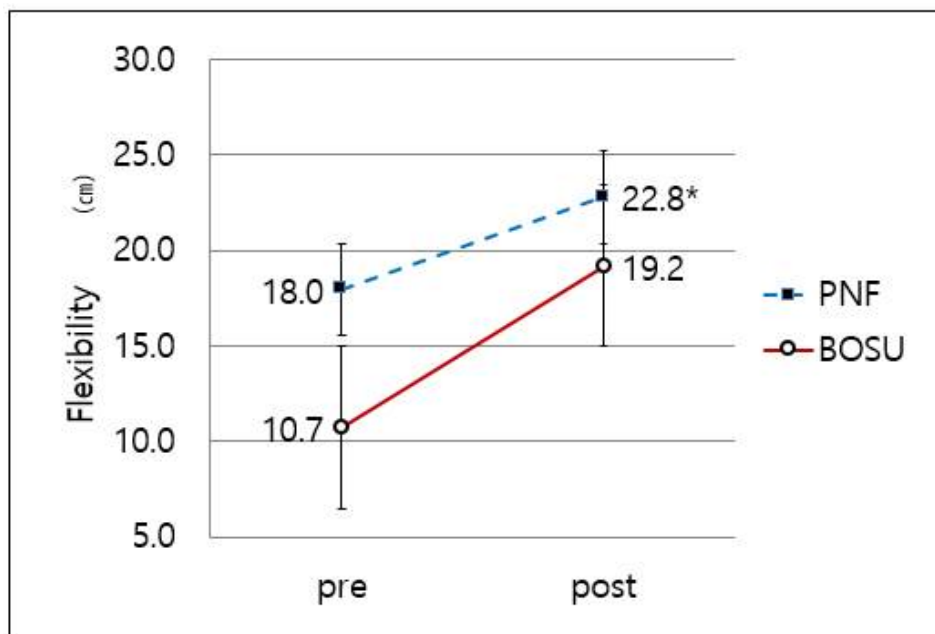


Figure 8. Comparison of sit and reach 2 weeks after exercises

(2) PNF와 BOSU 운동프로그램에 따른 관절 가동 범위의 변화

PNF와 BOSU 운동프로그램에 따른 관절가동범위의 측정결과는 다음 <Table 10>, <Table 11>, <Figure 9>과 같다.

Table 10. The result of two-way repeated ANOVA for ROM

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	2.450	1	2.450	.018	.898	.002
Error	1113.600	8	139.200			
Within Subject						
Period	4410.450	1	4410.450	35.017	.001	.814
Group×Period	36.450	1	36.450	.289	.605	.035
Error	1007.600	8	125.950			

<Table 10>의 이원반복측정분산분석 결과를 보면, 집단 간에 따른 변화에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.018$ ,  $p=.898$ ). 반면, 측정시기 간( $F=35.017$ ,  $p=.001$ )에는 유의한 차이가 나타났다. 측정시기에 따른 상호작용 효과에서 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.289$ ,  $p=.605$ ).

Table 11. Comparison of ROM 2 weeks after exercises (degree)

Group \ Variable	Pre	Post	t	p
PNF	76±11.937	108.4±12.954	-3.478	.025
BOSU	78±12.55	105±7.906	-7.216	.002
t	-.258	.501		
p	.803	.630		

PNF, Continuous passive motion & Proprioceptive neuromuscular facilitation Group;  
BOSU, Continuous passive motion & Both side up ball Group

<Table 11>의 관절 가동 범위에서 집단 간 비교를 한 결과 사전( $t=-.258$ ,  $p=.803$ )과 사후( $t=.501$ ,  $p=.630$ )에 유의한 차이가 나타나지 않았다.

집단 내 변화를 확인한 결과, PNF 운동그룹( $t=-3.478$ ,  $p=.025$ )과 BOSU 운동그룹( $t=-7.216$ ,  $p=.002$ )은 사전과 사후에 유의한 차이가 나타났다.

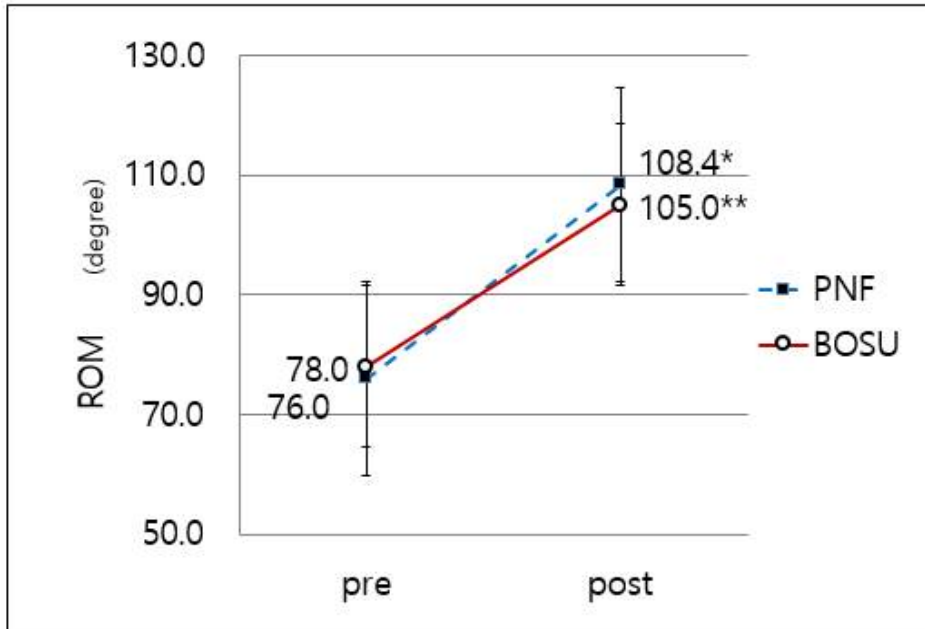


Figure 9. Comparison of ROM 2 weeks after exercises

### 3) 일어서서 걷기(TUG)

(1) PNF와 BOSU 운동프로그램에 따른 일어서서 걷기의 변화

PNF와 BOSU 운동프로그램에 따른 일어서서 걷기의 측정결과는 다음 <Table 12>, <Table 13>, <Figure 10>과 같다.

Table 12. The result of two-way repeated ANOVA for TUG

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	25.890	1	25.890	.034	.858	.004
Error	6050.935	8	756.367			
Within Subject						
Period	4284.396	1	4284.396	19.143	.002	.705
Group×Period	1.720	1	1.720	.008	.932	.001
Error	1790.506	8	223.813			

<Table 12>의 이원반복측정분산분석 결과를 보면, 집단 간에 따른 변화에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.034$ ,  $p=.858$ ). 반면, 측정시기 간( $F=19.143$ ,  $p=.002$ )에는 유의한 차이가 나타났다. 측정시기에 따른 상호작용 효과에서 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.008$ ,  $p=.932$ ).

Table 13. Comparison of TUG 2 weeks after exercises (sec)

Group \ Variable	Pre	Post	t	p
PNF	47.306±23.118	17.447±4.958	2.895	.044
BOSU	48.995±34.155	20.309±15.322	3.364	.028
t	-.092	-.397		
p	.929	.701		

PNF, Continuous passive motion & Proprioceptive neuromuscular facilitation Group;  
BOSU, Continuous passive motion & Both side up ball Group

<Table 13>의 일어서서 걷기에서 집단 간 비교를 한 결과 사전( $t=-.092$ ,  $p=.044$ )과 사후( $t=-.397$ ,  $p=.701$ )에 유의한 차이가 나타나지 않았다.

집단 내 변화를 확인한 결과, PNF 운동그룹( $t=2.895$ ,  $p=.001$ )과 BOSU 운동그룹( $t=3.364$ ,  $p=.028$ )은 사전과 사후에 유의한 차이가 나타났다.

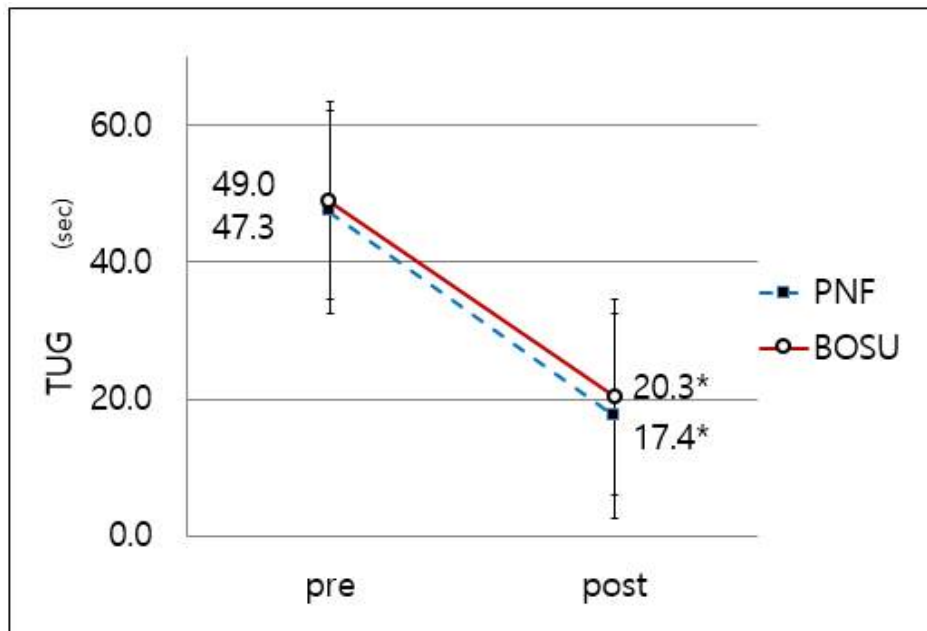


Figure 10. Comparison of TUG 2 weeks after exercises

#### 4) 근 활성화(Electromyography)

(1) PNF와 BOSU 운동프로그램에 따른 대퇴직근 근전도의 변화

PNF와 BOSU 운동프로그램에 따른 대퇴직근 근전도의 측정결과는 다음 <Table 14>, <Table 15>, <Figure 11>과 같다.

Table 14. The result of two-way repeated ANOVA for rectus femoris

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	10.482	1	10.482	1.105	.324	.121
Error	75.879	8	9.485			
Within Subject						
Period	13.153	1	13.153	1.586	.243	.165
Group×Period	26.572	1	26.572	3.205	.111	.286
Error	66.336	8	8.292			

<Table 14>의 이원반복측정분산분석 결과를 보면, 집단 간에 따른 변화에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=1.105$ ,  $p=.324$ ). 측정시기 간( $F=1.586$ ,  $p=.243$ )과에는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 측정시기에 따른 상호작용 효과에서 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.111$ ,  $p=.286$ ).

Table 15. Comparison of rectus femoris 2 weeks after exercises ( $\mu V$ )

Group \ Variable	Pre	Post	t	p
PNF	9.408±3.655	8.725±1.264	.384	.721
BOSU	8.551±1.477	12.478±4.292	-2.110	.102
t	.486	-1.876		
p	.640	.123		

PNF, Continuous passive motion & Proprioceptive neuromuscular facilitation Group;  
BOSU, Continuous passive motion & Both side up ball Group

<Table 15>의 대퇴직근 근전도에서 집단 간 비교를 한 결과 사전( $t=.486$ ,  $p=.640$ )과 사후 ( $t=-1.876$ ,  $p=.102$ )에 유의한 차이가 나타나지 않았다.

집단 내 변화를 확인한 결과, PNF 운동그룹( $t=.384$ ,  $p=.721$ )과 BOSU 운동그룹( $t=-2.110$ ,  $p=.102$ )은 사전과 사후에 유의한 차이가 나타나지 않았다.

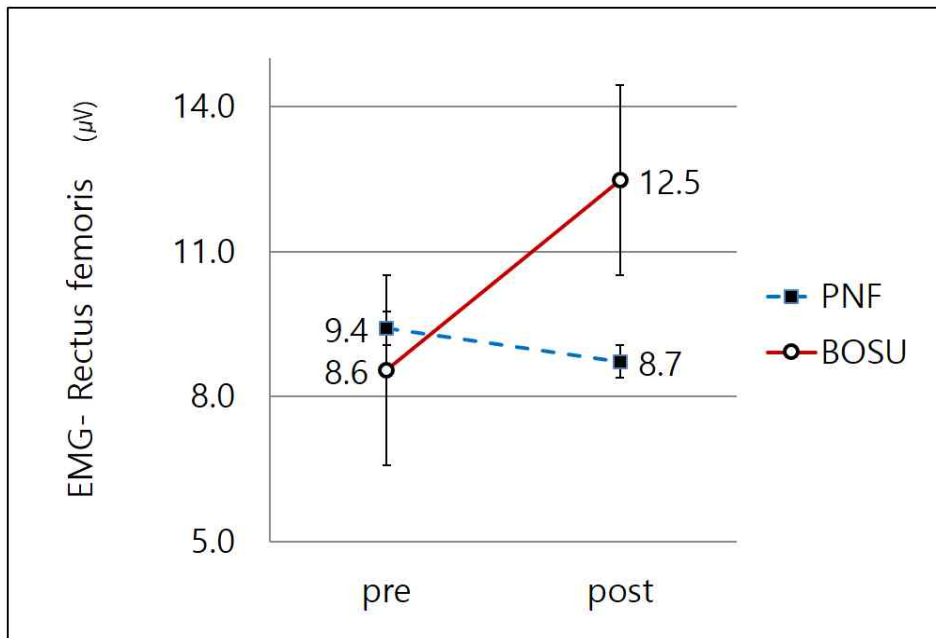


Figure 11. Comparison of rectus femoris 2 weeks after exercises

(2) PNF와 BOSU 운동프로그램에 따른 내측광근 근전도의 변화

PNF와 BOSU 운동프로그램에 따른 내측광근 근전도의 측정결과는 다음 <Table 16>, <Table 17>, <Figure 12>과 같다.

Table 16. The result of two-way repeated ANOVA for vastus medialis

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	8.728	1	8.728	.706	.425	.081
Error	98.958	8	12.370			
Within Subject						
Period	2.628	1	2.628	.226	.647	.027
Group×Period	.329	1	.329	.028	.871	.004
Error	92.979	8	11.622			

<Table 16>의 이원반복측정분산분석 결과를 보면, 집단 간에 따른 변화에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.706, p=.425$ ). 측정시기 간( $F=.226, p=.647$ )에는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 측정시기에 따른 상호작용 효과에서 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.028, p=.871$ ).

Table 17. Comparison of vastus medialis 2 weeks after exercises ( $\mu V$ )

Group \ Variable	Pre	Post	t	p
PNF	20.479±2.278	21.46±6.34	-0.325	.761
BOSU	19.414±1.084	19.883±1.194	-1.099	.334
t	.943	.547		
p	.373	.599		

PNF, Continuous passive motion & Proprioceptive neuromuscular facilitation Group;  
BOSU, Continuous passive motion & Both side up ball Group



<Table 17>의 내측광근 근전도에서 집단 간 비교를 한 결과 사전( $t=.943, p=.761$ )과 사후( $t=-1.099, p=.334$ )에 유의한 차이가 나타나지 않았다.

집단 내 변화를 확인한 결과, PNF 운동그룹( $t=-0.325, p=.249$ )과 BOSU 운동그룹( $t=-1.099, p=.334$ )은 사전과 사후에 유의한 차이가 나타나지 않았다.

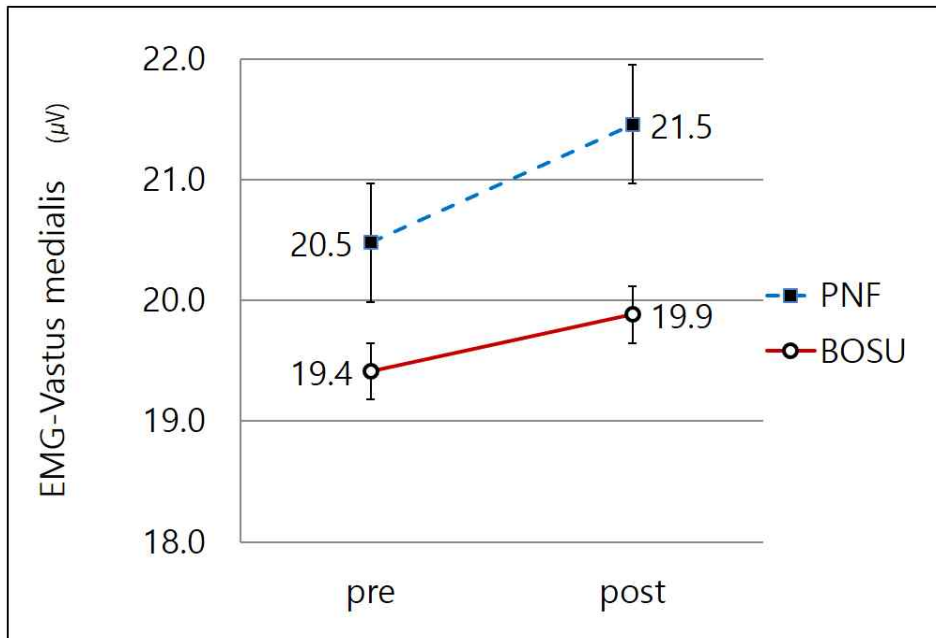


Figure 12. Comparison of vastus medialis 2 weeks after exercises

(3) PNF와 BOSU 운동프로그램에 따른 외측광근 근전도의 변화

PNF와 BOSU 운동프로그램에 따른 외측광근 근전도의 측정결과는 다음 <Table 18>, <Table 19>, <Figure 13>과 같다.

Table 18. The result of two-way repeated ANOVA for vastus lateralis

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	201.359	1	201.359	8.168	.021	.505
Error	197.212	8	24.652			
Within Subject						
Period	10.658	1	10.658	.561	.475	.066
Group×Period	38.243	1	38.243	2.014	.194	.201
Error	151.898	8	18.987			

<Table 18>의 이원반복측정분산분석 결과를 보면, 집단 간에 따른 변화에서 유의한 차이가 나타났다(F=8.168, p=.021). 측정시기 간(F=.561, p=.475)에는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 측정시기에 따른 상호작용 효과에서 유의한 차이가 나타나지 않았다(F=2.014, p=.194).

Table 19. Comparison of vastus lateralis 2 weeks after exercises ( $\mu V$ )

Group \ Variable	Pre	Post	t	p
PNF	13.917±3.145	12.611±1.096	0.735	.503
BOSU	17.497±6.451	21.723±5.88	-1.218	.290
t	-1.116	-3.406		
p	.297	.024		

PNF, Continuous passive motion & Proprioceptive neuromuscular facilitation Group;  
BOSU, Continuous passive motion & Both side up ball Group

<Table 19>의 외측광근 근전도에서 집단 간 비교를 한 결과 사전( $t=-1.116$ ,  $p=.297$ )에서는 유의한 차이가 나타나지 않았지만 사후( $t=-3.406$ ,  $p=.024$ )에서 유의한 차이가 나타났다.

집단 내 변화를 확인한 결과, PNF 운동그룹( $t=0.735$ ,  $p=.503$ )과 BOSU 운동그룹( $t=-1.218$ ,  $p=.290$ )은 사전과 사후에 유의한 차이가 나타나지 않았다.

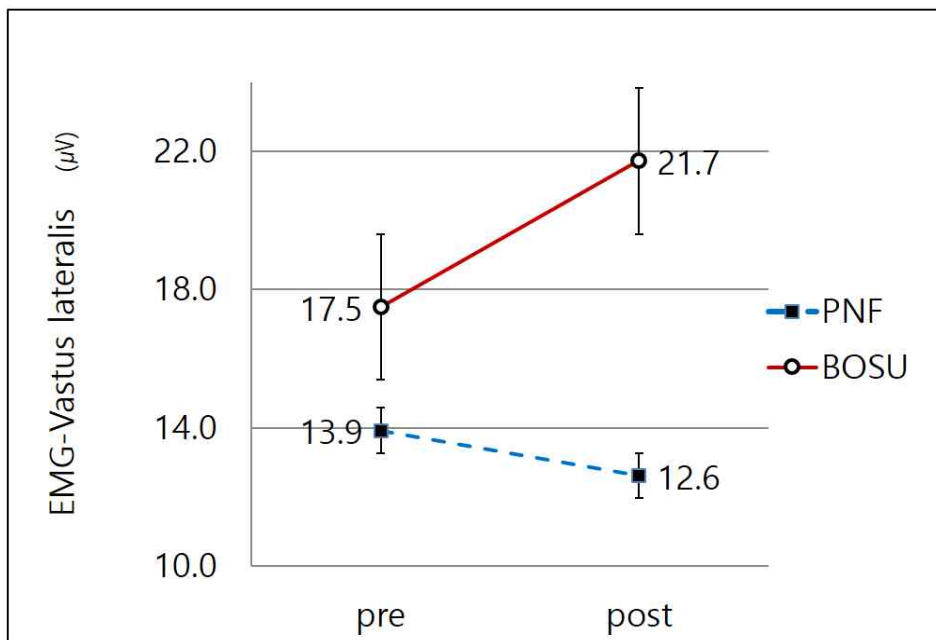


Figure 13. Comparison of vastus lateralis 2 weeks after exercises

## 5) 무릎관절의 건강 및 기능 상태(K-WOMAC)

(1) PNF와 BOSU 운동프로그램에 따른 K-WOMAC의 통증 변화

PNF와 BOSU 운동프로그램에 따른 K-WOMAC의 통증 측정결과는 다음 <Table 20>, <Table 21>, <Figure 14>과 같다.

Table 20. The result of two-way repeated ANOVA for pain

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	6.050	1	6.050	.367	.562	.044
Error	132.000	8	16.500			
Within Subject						
Period	414.050	1	414.050	48.712	.001	.859
Group×Period	.450	1	.450	.053	.824	.007
Error	68.000	8	8.500			

<Table 20>의 이원반복측정분산분석 결과를 보면, 집단 간에 따른 변화에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.367$ ,  $p=.562$ ). 반면, 측정시기 간( $F=48.712$ ,  $p=.001$ )에는 유의한 차이가 나타났다. 측정시기에 따른 상호작용 효과에서 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.053$ ,  $p=.824$ ).

Table 21. Comparison of pain 2 weeks after exercises (score)

Group \ Variable	Pre	Post	t	p
PNF	14.8±3.899	5.4±2.51	5.374	.006
BOSU	15.6±1.949	6.8±4.97	4.550	.010
t	-.410	-.562		
p	.696	.589		

PNF, Continuous passive motion & Proprioceptive neuromuscular facilitation Group;  
BOSU, Continuous passive motion & Both side up ball Group

<Table 21>의 WOMAC 통증에서 집단 간 비교를 한 결과 사전( $t=-.410$ ,  $p=.696$ )과 사후( $t=-.562$ ,  $p=.589$ )에 유의한 차이가 나타나지 않았다.

집단 내 변화를 확인한 결과, PNF 운동그룹( $t=5.374$ ,  $p=.006$ )과 BOSU 운동그룹( $t=4.550$ ,  $p=.010$ )은 사전과 사후에 유의한 차이가 나타났다.

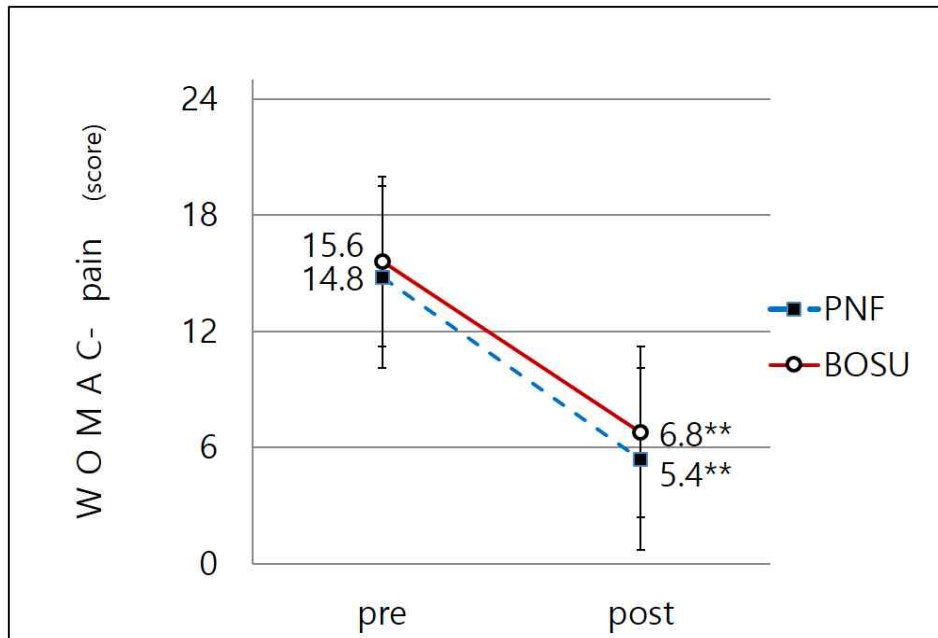


Figure 14. Comparison of pain 2 weeks after exercises

(2) PNF와 BOSU 운동프로그램에 따른 K-WOMAC의 경직 변화

PNF와 BOSU 운동프로그램에 따른 K-WOMAC의 경직 측정결과는 다음 <Table 22>, <Table 23>, <Figure 15>과 같다.

Table 22. The result of two-way repeated ANOVA for stiffness

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	1.800	1	1.800	.286	.608	.034
Error	50.400	8	6.300			
Within Subject						
Period	80.000	1	80.000	42.105	.001	.840
Group×Period	1.800	1	1.800	.947	.359	.106
Error	15.200	8	1.900			

<Table 22>의 이원반복측정분산분석 결과를 보면, 집단 간에 따른 변화에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.286$ ,  $p=.608$ ). 반면, 측정시기 간( $F=42.105$ ,  $p=.001$ )에는 유의한 차이가 나타났다. 측정시기에 따른 상호작용 효과에서 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.947$ ,  $p=.359$ ).

Table 23. Comparison of stiffness 2 weeks after exercises (score)

Group \ Variable	Pre	Post	t	p
PNF	5.2±2.387	1.8±1.643	3.666	.021
BOSU	6.4±2.074	1.8±1.924	5.662	.005
t	-.849	.001		
p	.421	1.000		

PNF, Continuous passive motion & Proprioceptive neuromuscular facilitation Group;  
BOSU, Continuous passive motion & Both side up ball Group

<Table 23>의 WOMAC 경직에서 집단 간 비교를 한 결과 사전( $t=-.849$ ,  $p=.421$ )과 사후( $t=.001$ ,  $p=1.000$ )에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

집단 내 변화를 확인한 결과, PNF 운동그룹( $t=3.666$ ,  $p=.021$ )과 BOSU 운동그룹( $t=5.662$ ,  $p=.005$ )은 사전과 사후에 유의한 차이가 나타났다.

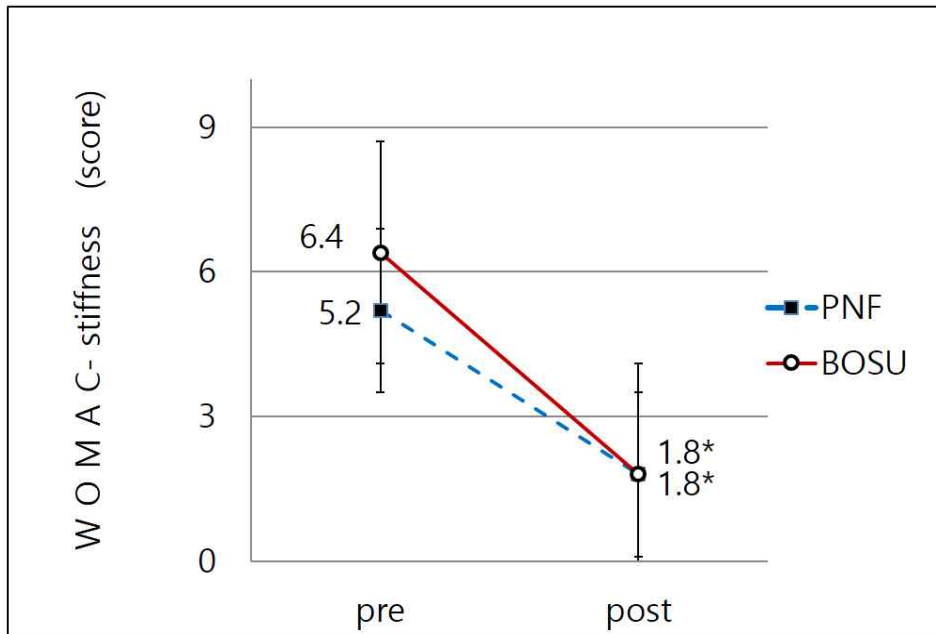


Figure 15. Comparison of stiffness 2 weeks after exercises

(3) PNF와 BOSU 운동프로그램에 따른 K-WOMAC의 신체적 기능 변화

PNF와 BOSU 운동프로그램에 따른 K-WOMAC의 신체적 기능 측정결과는 다음 <Table 24>, <Table 25>, <Figure 16>과 같다.

Table 24. The result of two-way repeated ANOVA for function

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	84.050	1	84.050	.722	.420	.083
Error	931.400	8	116.425			
Within Subject						
Period	4898.450	1	4898.450	88.141	.001	.917
Group×Period	26.450	1	26.450	.476	.510	.056
Error	444.600	8	55.575			

<Table 24>의 이원반복측정분산분석 결과를 보면, 집단 간에 따른 변화에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.722$ ,  $p=.420$ ). 반면, 측정시기 간( $F=88.141$ ,  $p=.001$ )에는 유의한 차이가 나타났다. 측정시기에 따른 상호작용 효과에서 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.476$ ,  $p=.510$ ).

Table 25. Comparison of function 2 weeks after exercises (score)

Group \ Variable	Pre	Post	t	p
PNF	55.8±4.438	22.2±13.103	7.058	.002
BOSU	57.6±2.408	28.6±12.116	6.211	.003
t	-.797	-.802		
p	.448	.446		

PNF, Continuous passive motion & Proprioceptive neuromuscular facilitation Group;  
BOSU, Continuous passive motion & Both side up ball Group



<Table 25>의 WOMAC 신체적 기능에서 집단 간 비교를 한 결과 사전( $t=-.797$ ,  $p=.448$ )과 사후 ( $t=-.802$ ,  $p=.446$ )에 유의한 차이가 나타나지 않았다.

집단 내 변화를 확인한 결과, PNF 운동그룹( $t=7.058$ ,  $p=.002$ )과 BOSU 운동그룹( $t=6.211$ ,  $p=.003$ )은 사전과 사후에 유의한 차이가 나타났다.

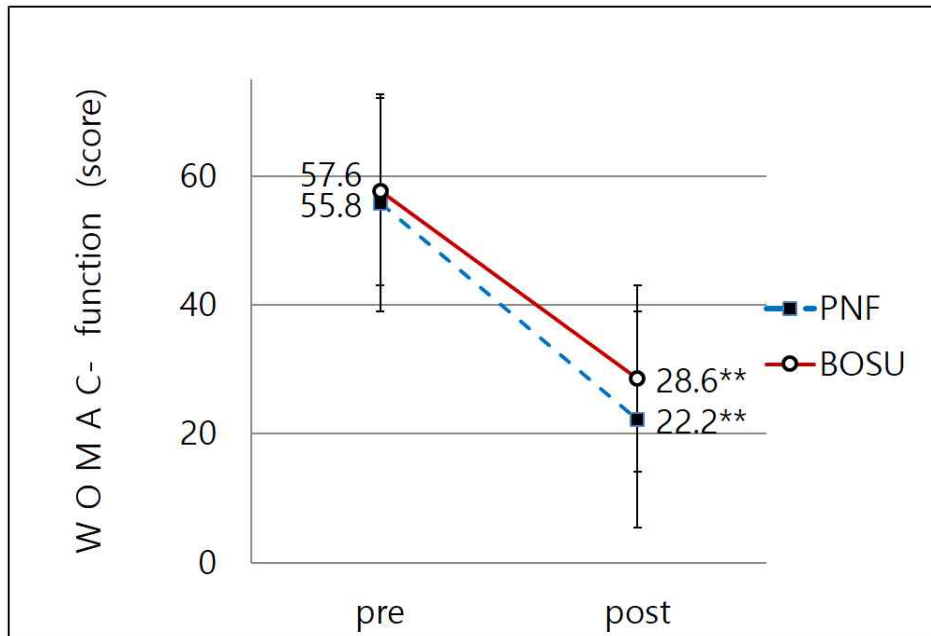


Figure 16. Comparison of function 2 weeks after exercises

(4) PNF와 BOSU 운동프로그램에 따른 K-WOMAC의 전체 변화

PNF와 BOSU 운동프로그램에 따른 K-WOMAC의 전체 기능 측정결과는 다음 <Table 26>, <Table 27>, <Figure 17>과 같다.

Table 26. The result of two-way repeated ANOVA for total

Variable	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Between Subject						
Group	168.200	1	168.200	.607	.458	.071
Error	2215.800	8	276.975			
Within Subject						
Period	9856.800	1	9856.800	110.409	.001	.932
Group×Period	20.000	1	20.000	.224	.649	.027
Error	714.200	8	89.275			

<Table 26>의 이원반복측정분산분석 결과를 보면, 집단 간에 따른 변화에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.607$ ,  $p=.458$ ). 반면, 측정시기 간( $F=110.409$ ,  $p=.001$ )에는 유의한 차이가 나타났다. 측정시기에 따른 상호작용 효과에서 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.224$ ,  $p=.649$ ).

Table 27. Comparison of total 2 weeks after exercises (score)

Group \ Variable	Pre	Post	t	p
PNF	75.8±10.134	29.4±15.789	9.460	.001
BOSU	79.6±5.941	37.2±18.58	6.161	.004
t	-.723	-.715		
p	.490	.495		

PNF, Continuous passive motion & Proprioceptive neuromuscular facilitation Group;  
BOSU, Continuous passive motion & Both side up ball Group

<Table 27>의 WOMAC에서 집단 간 비교를 한 결과 사전( $t=-.723, p=.490$ )과 사후( $t=-.715, p=.495$ )에 유의한 차이가 나타나지 않았다.

집단 내 변화를 확인한 결과, PNF 운동그룹( $t=9.460, p=.001$ )과 BOSU 운동그룹( $t=6.161, p=.004$ )은 사전과 사후에 유의한 차이가 나타났다.

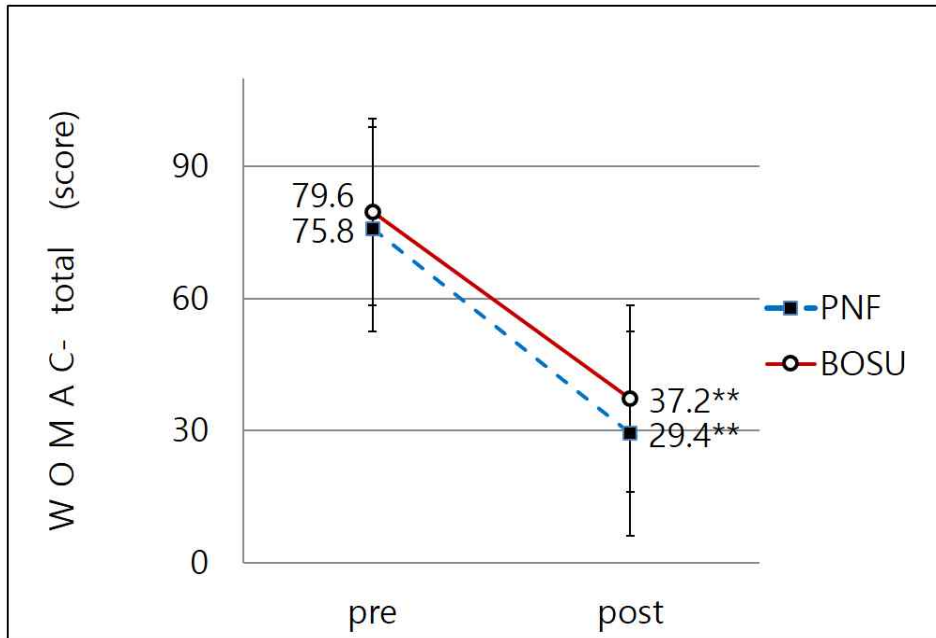


Figure 17. Comparison of total 2 weeks after exercises

## IV. 논의

본 연구는 슬관절 전치환술(TKR) 후 환자에게 재활 프로그램인 PNF와 BOSU 운동을 적용 시 통증정도, 유연성, 일어서서 걷기, 하지 근 활성도의 변화와 무릎관절의 건강 및 기능 상태를 분석하여 효과적인 재활 운동을 찾아보고자 하였다. 본 연구를 진행하기 위해 TKR 후 1~2주 이내의 환자 10명을 대상으로 PNF 5명, BOSU 5명을 나누어 총 2주간, 운동빈도는 주 3회, 60분으로 실시하였다. 본 연구의 결과는 두 집단의 유의한 차이는 없었지만, 집단 내 시기에 따른 결과에서는 유의한 차이는 나타났다. 이에 본 연구 결과를 바탕으로 재활 운동 프로그램에 대한 논의와 PNF와 BOSU 운동처치가 통증정도, 유연성, 일어서서 걷기, 하지 근 활성도와 무릎관절의 건강 및 기능 상태에 미치는 효과를 규명하고자 한다.

### 1) 시각통증정도 (VAS)

TKR은 다양한 원인에 의해 연골세포가 손상되고, 슬관절의 인대와 근육이 약화되면서 마모현상이 심하게 나타난 관절면을 제거하고 인공관절로 교체하는 수술이다(Carr et al., 2012). 수술은 관절염에 의한 무릎통증 감소와 정상적인 관절기능으로 회복시켜 삶의 질을 향상시키는데 있어 효과적이거나, 수술에 대한 부정적인 면과 긍정적인 면을 가지고 있다(Bade & Stevens-Lapsley, 2011). 수술 후 대다수 3개월 이내 일상생활로 돌아갈 수 있지만, 완전한 기능회복에는 9개월 이상의 시간이 필요하다(Paul, 2005). 따라서 TKR 수술 후에 올바른 관리로 통증감소, 무릎근력 강화, 가동범위 확보를 위한 체계적이고 효과적인 재활운동 프로그램 적용이 적절히 필요하다.

통증은 감각신경 말단의 유해자극으로 인한 불쾌한 감각, 질병에 대한 개별적 반응과 환자의 주관적 느낌이 주된 증상이다. 환자를 치료하면서 통증의 정도를 알아보기 위해 VAS를 사용하며, 환자의 주관적 통증정도를 정확하게 측정하는 것이 중요하다(Bullens, van Loon, de Waal Malefijt, Laan, & Veth., 2001). 환자는 슬관절 통증으로 인해 균형감각 능력이 저조해지고, 관절의 가동범위 축소로 넘어질 확률이

높아진다. 또한 근 경련과 근 위축으로 일상생활 수행능력 현저히 떨어져 불편함을 호소한다. TKR 후 통증은 수술 후 시간 경과에 따라 관련이 있다. 초기에는 거의 모든 환자가 극심한 통증을 호소하고, 시간이 경과할수록 통증의 정도가 약해진다. 하지만 수술 후 몇 달이 경과해도 지속적이고 심한 통증을 호소하는 경우도 있다 (Puolakka, Rorarius, Roviola, Puolakka, Nordhausen, & Lindgren, 2010).

본 연구에서는 PNF와 BOSU 운동처치 프로그램에 따른 VAS의 변화를 알아본 결과에서는 집단 간과 시기 간에 유의한 차이가 나타나지 않았지만 집단 내 시기에서는 유의한 차이가 나타났다. PNF와 BOSU 두 집단의 통증 강도가 아파서 발을 바닥에 닿지 못하는 상태인 '6' 에서 통증이 있으나 조금 아픈 상태인 '2, 3'으로 유의하게 통증이 감소되었다. 이와 같이 TKR은 통증을 감소시킨다는 다수의 선행연구결과와 일치하였다. 김창현, 강태우, 김범룡(2018)도 TKR을 받은 환자 14명을 대상으로 PNF 운동을 실시한 결과 VAS 점수가 내려가 통증이 완화되었고, 환자 20명을 대상으로 근력과 신장운동을 실시한 연구(배창환 등, 2013), 구조화된 교육 프로그램을 적용한 결과(김한나, 2008), 세라밴드 운동을 실시한 연구 결과(윤지영, 2015; 김연정, 2011), 하지 스트레칭과 운동요법을 적용한 결과(이춘신, 2003; 이경수, 2004)에서도 모두 통증이 감소되어 TKR을 받은 환자에게 긍정적인 영향이 나타나 본 연구 결과를 지지하였다. 선행연구에서 적용한 재활운동은 본 연구와 다른 처치를 하였으나 슬관절 전치환술 환자에게 빠른 회복과 통증 감소를 위해서는 재활운동이 매우 중요하다는 것을 알 수 있다.

## 2) 유연성 검사(Flexibility test)

스트레칭 운동은 관절의 유연성 증가와 가동범위 내에서 근육과 관절을 부드럽게 움직일 수 있도록 하며, 운동발현을 위해 필요한 협응 능력을 증진시킨다. 최충혁 등(2006)은 TKR 후 ROM의 증가가 성공적인 수술 성과를 결정하는 중요한 일부분이며, 환자의 목표는 재활 운동 프로그램을 통해서 근육의 향상, ROM의 증가 및 일상생활동작인 앉아서 생활할 수 있도록 하는 것이다. 슬관절의 가동범위가 제한, 구축이 되면 일상생활에 불편함을 느낀다. 일상생활의 슬관절 가동범위를 살펴보면 의자에서 앉았다 일어서기 105°, 계단 올라가기 83°, 내려가기 90°, 정상 보행은 67°의

굴곡이 필요하다(배대경 등, 2003). 환자가 재활 운동의 만족도를 높이기 위해서는 일정 수준 이상의 ROM을 얻는 것은 매우 중요하고 생각한다. ROM의 증가를 위해서 CPM과 PNF 스트레칭기법이 수술 후 재활치료의 방법으로 널리 사용되고 있는 실정이다(Funk et al.,2003). 하지만 김용훈 등(1999)의 연구에서는 CPM 적용은 최종적인 ROM에 변화가 유의한 차이가 나타나지 않았다고 보고하였다.

본 연구에서는 PNF와 BOSU 운동처치 프로그램에 따른 좌전굴과 ROM의 변화를 알아본 결과 집단 내 시기에서 유의한 차이가 나타났다. 좌전굴 그래프<Figure 8>에서는 PNF 집단이 유의한 차이가 나타났으나, BOSU 집단이 시기에 따른 증가 폭이 8.4cm으로 PNF보다 1.5배 이상 증가하였다. ROM의 변화에서도 두 집단이 프로그램을 적용하기 전보다 사후에 ROM의 각도가 약 30°정도 증가되었다. 본 연구 결과와 같이 PNF와 BOSU 운동처치 프로그램이 TKR 환자의 슬관절의 가동범위 제한, 근육의 구축으로 인한 강직을 감소시켜 유연성이 향상된 것으로 생각된다. 최인수와 배성수(2004) 연구에서는 TKR 환자에게 CPM 60분 집단, 치료사가 직접 PNF 20분을 적용한 집단의 ROM 굴곡구축을 측정한 결과 수치상으로는 두 집단이 감소하였고, PNF집단이 CPM집단보다 더 감소한 결과가 나타났다. 박혜상과 박태섭(2004)의 연구에서 36명의 노인을 대상으로 PNF 스트레칭이 건관절의 ROM을 증가시켜 유연성 능력을 향상시켰으며, 남자 운동선수에게 8주 동안 PNF 기법 중 수축-이완 기법을 실시하였더니 정적 스트레칭을 적용한 집단보다 슬괵근 유연성 더 증가되었다고 보고하였다(Handel, 1997). 다수의 선행연구에서 TKR 환자뿐만 아니라 운동선수, 학생, 중년 성인 등을 대상으로 PNF를 적용한 결과, ROM이 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았지만 ROM이 향상된 결과로 대상자의 유연성의 기능이 증가되었다(심제명 등, 2008; 김혜중 등, 2009; 김창현, 2018; 윤지영, 2015; Smedes, 2016). 하지만, MacDonald 등(2000)은 TKR 환자에게 수술 후 ROM 회복, 수술 후 통증 감소, 하지 근력강화 등이 중요하나 실제 환자들은 수술 후 극심한 통증, 뻣뻣한 느낌과 근 수축으로 재활치료에 어려움을 느끼고 있다고 한다. 그러나 TKR 환자에게 재활운동은 근육과 관절 내의 고유수용기를 자극함으로써 유연성, 근 활성화도, 근력 평형성 등을 증가시켜 여러 가지의 재활 운동을 적용하였을 경우 안정성에 긍정적인 영향이 미칠 것으로 생각한다. 따라서 TKR 환자에게는 PNF, BOSU의 재활운동 프로그램의 다양성이 필요하다고 생각된다.

### 3) 일어서서 걷기 검사 (TUG)

균형은 다양한 환경적인 동요(perturbation)의 지지면 내에서 신체의 중력 중심과 평형을 유지하는 능력이며, 신체의 안정성을 위해서는 필수적이다. Lord & Fitzpatrick (2001)은 균형 감각을 유지하기 위해서는 고유수용성 감각, 고위중추에서의 적절한 통합 조절, 전정기관 감각 기능을 향상시켜야 하며, 근력, 심폐지구력 및 복합 운동을 통해서 균형 감각 기능을 향상시킬 수 있다(나영현, 구봉오, 노민희, & 안소윤, 2007). 하지만, 근골격계의 기능이 불편한 자, TKR 환자, 노화로 인한 생리적 변화가 있는 고령자 등은 하지 근기능 약화와 균형 감각이 현저히 떨어져 있다. 이때 주의할 점은 추락과 낙상(falls injury)의 위험이다(Kenneth, John, & Joseph, 2010; Province et al., 1995). Podsiadlo & Richardson(1989)의 TUG검사는 고령자의 보행 능력, 균형 능력과 기능적인 운동을 평가하고, 낙상의 위험을 예측하기 위해 사용된다. 최근에는 허약한 고령자뿐만 아니라 뇌졸중, 파킨슨 질환, 관절염 질환이 있는 환자에게도 적용되고 있다(Morris, Morris, & Ianseck., 2001). 낙상은 치료보다 예방이 중요하고, 낙상 예방을 위한 다양한 운동 프로그램들이 있다(최승욱과 이소은, 2008; 정복자, 2008; 이춘희와 박희옥, 2017; 이춘희, 2019; 정낙수와 최규환, 2001). 김석환(2012)은 여성 고령자 낙상 예방 운동 프로그램 중에서 PNF 기법이 효과적이라고 하였고, PNF 기법에 세라밴드를 적용한 운동이 방향 조절과 균형 감각 능력을 증가시켜 노인 낙상을 예방하는데 도움이 된다고 보고하였다(강달원 등, 2011).

본 연구에서는 PNF와 BOSU 운동 처치 프로그램에 따른 TUG의 변화를 알아본 결과, 집단 내 시점에서 유의한 차이가 나타났다. 두 집단 모두 TUG 걷기 속도가 빠르게 나타나 TKR 환자에게 PNF와 BOSU 운동 처치 프로그램이 효과적이라고 볼 수 있다. 김창현, 강태우, 김범룡(2018) 연구에서 TKR 환자를 대상으로 PNF 운동을 실시한 결과 TUG 기록이 12.8초에서 10.0초로 유의하게 감소하였다. 뇌졸중 환자를 대상으로 체간 안정화 운동을 적용한 연구에서 TUG에서 21.0초에서 18.9초로 감소하였고(김용훈, 2010), 이재홍, 민동기, 이상재(2018) 연구에서도 TKR 환자를 대상으로 체간 안정화 운동을 실시한 집단이 22.5초에서 15.6초로 유의하게 감소하였다. 다른 선행 연구에서도 3주간 트램폴린 훈련이 노인 여성의 균형과 위치 감각이 증가하였고 TUG 검사에도 기록이 단축되어 유의한 결과가 나타난 연구 결과(송효성, 김진

영, 2012), 노인을 대상으로 불안정 지지면 훈련 실험 후 TUG가 유의하게 감소하고 균형능력은 향상된 결과(Janine, Kathleen, & Leslie, 2003), 불안정한 지지면에서 가상현실 훈련을 받은 만성기 뇌졸중 환자도 TUG기록이 단축되어 유의한 차이가 나타난 결과를 보고하였다(김은자, 류인태, 박효정, 2018). 이와 같이 대다수의 선행연구에서 체간 안정화 감각훈련들이 대상자들의 신체적 능력을 향상시킨 결과는 본 연구와 일치하였고, PNF와 BOSU 운동처치 프로그램이 TKR 환자, 고령자뿐만 아니라 뇌졸중, 파킨슨 질환 등이 있는 환자에게 보행능력, 고유수용성감각, 고위중추에서의 적절한 통합조절, 전정기관 감각 기능을 향상에 도움이 되는 것으로 생각된다.

#### 4) 근 활성화도(Electromyography)

인간의 기본적인 이동수단인 보행은 근육들의 상호작용에 의해 움직인다. 보행을 가능하게 하는 여러 근육들 중 중요한 하지 근육은 대퇴근, 넓적다리과 종아리이다. 이러한 하지의 근력이 약화되고, 유연성 감소, 손상 등이 신체 불균형으로 보행에 지장을 초래한다. 정상적인 보행을 하기기 위해서는 하지의 근 활성화도의 증가가 우선시 되어져야 한다. 근력증가는 신경훈련 기전이 원인으로 운동단위 동원능력의 향상으로 인해 근 활성화도가 증가하고, 그 후 근 비대에 의해 근력증가가 이루어지면 기능적 향상을 가져온다(서국웅, 이훈식, 정미라, 이창민, & 윤양진. 1999). 근력을 측정하는 방법은 다양하게 있으나 그중 신경과 근육의 수축정도를 전기적 활성 상태를 추정하고 기계에 기록하여 근력을 예측하는 검사로 표면근전도(EMG)가 사용된다(De Luca, 1997). Lundberg, Rojas, Foucher, & Wimmer(2016)의 연구에서도 TKR 환자의 보행 시 근육 활동을 비교하기위해 EMG를 사용하였고, 박승규와 김재호(2013) 연구에서도 EMG를 사용하여 TKR 환자의 하지 근 활성화도와 균형에 대해 연구하였다.

본 연구에서도 PNF와 BOSU 운동처치 프로그램에 따른 대퇴직근, 내측광근, 외측광근을 근전도로 측정하여 근 활성화도 변화를 측정하였다. 그 결과 BOSU 집단의 외측광근 근전도에서만 집단 내 시기에서 유의한 차이가 나타났다( $p < .024$ ). 통계적으로 대퇴직근과 내측광근에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으나 근전도 변화에 대해 상세하게 논의해보고자 한다. 대퇴직근 근전도의 변화에서 PNF 집단은 변화가 거의 없었으나, BOSU 집단은 운동하기 전보다 운동한 후에 근 활성화도가 높아졌다.



대퇴 외측광근 근전도의 변화에서 BOSU 집단은 변화가 거의 없었으며, PNF 집단은 운동프로그램 처치 이후에 증가했다. 대퇴 내측광근 근전도의 변화에서 PNF 집단은 수치가 감소하였으나, PNF 집단은 근 활성도가 향상되었다. 박승규와 김제호(2013) 연구에서 TKR 환자에게 근전도-바이오피드백 훈련이 대퇴사두근 균형에 미치는 영향을 조사한 결과 대퇴직근과 외측광근의 근육활동에 통계적 유의한 차이 나타나 TKR 환자의 하지 근육 활동과 균형 능력을 향상시키는데 효과적이라고 보고하였다. Moutzouri, Coutts, Gliatis, Billis, Tsepis, Gleeson(2019)는 TKR 환자에게 기능적 재활 운동을 적용하여 대퇴사두근의 근력 및 근 활성도개선에 관하여 연구를 한 결과, TKR 이후 환자의 회복이 빨랐으며, 대퇴사두근의 근력과 근 활성도가 증가되었다고 보고하였다.

선행연구를 살펴보면 TKR 환자에게 운동처치는 서로 다르나 재활 운동이 하지의 근력, 균형감각, 근 활성도가 향상된 것을 알 수 있으며, 본 연구의 결과와 비슷한 양상을 보였다. 즉, 대퇴사두근 근력이 향상되면 TKR 수술부위의 수명을 연장시켜 주고, 내측·외측광근의 균형을 잡아 슬관절에 안정성을 제공해주어 슬관절의 기능을 더욱 향상시켜준다. 따라서 대퇴사두근의 재활운동 프로그램이 중요하다(강영욱, 송라운, 2020).

본 연구에서 TKR 환자에게 적용한 운동처치 프로그램을 살펴보면 BOSU는 모든 기본자세가 앉았다가 일어서기가 포함되어 대퇴사두근, 햄스트링, 둔근의 근육을 많이 사용했기 때문에 대퇴직근과 외측광근의 활성도가 향상된 것으로 사료된다. 또한, PNF 운동처치 프로그램에서는 유지이완, 등장성 혼합기법을 통해 하지 신전 중저항으로 인해 내측광근의 활성도가 증가되었다고 생각된다. 하지만 TKR 이후 조기 운동처치를 적용하여 EMG를 사용하여 하지 근 활성도를 비교분석한 선행연구가 부족하여 본 연구 결과도 미흡한 부분이 많다. 따라서 TKR 이후 조기 재활치료를 위해서는 PNF, BOSU, CPM 등을 환자에 따라 복합적으로 적용하고, 근 활성도대환 연구가 지속적으로 필요하다고 생각된다.

## 5) 무릎관절의 건강 및 기능 상태(한글판 WOMAC Index)

관절염 건강상태 평가도구들에는 HAQ, Arthritis Index, AIMS2(Arthritis Impact Measurement Scale 2), McMaster-Toronto Arthritis patient function preference questionnaire(MACTAR), WOMAC 등이 있다. 그 중에서 WOMAC은 무릎관절의 기능을 점수로 나타내는 지표 중 가장 널리 쓰이는 것으로 신뢰도가 인정되어 세계적으로 62개 이상의 공인된 번역판이 개발되어 사용되고 있다(박찬, 2016). WOMAC을 한국 실정에 맞게 번역하여 한국형 WOMAC은 평가 척도를 통증(Pain), 관절의 강직(Stiffness), 신체적 기능(Physical Function)으로 총 24개의 질문 문항으로 구성하여, 무릎관절의 기능 점수로 적합하고 신뢰성이 입증된 도구로 유용하게 활용되고 있다(Jink et al., 2002; Salaffi et al., 2003).

본 연구에서는 PNF와 BOSU 운동처치 프로그램에 따른 K-WOMAC의 변화를 알아본 결과, 통증, 관절의 강직, 신체적 기능 모두 집단 내 시점에서 유의한 차이가 나타났다. TKR 이후 PNF와 BOSU 운동처치가 K-WOMAC 점수에 긍정적으로 나타났다. 박찬(2016)의 K-WOMAC 연구에서도 TKR 환자들 대상으로 설문지를 받은 결과 수술 전보다 이후가 통증은 감소하고 신체의 유연성은 증가하여 일상생활범위가 넓어져 설문지의 평가가 유의한 차이를 나타나 본 연구 결과와 일치한다.

## V. 결론 및 제언

### 1. 결 론

본 연구는 슬관절 전치환 수술 후 PNF와 BOSU 운동이 통증정도, 하지 근기능 및 근 활성화도에 미치는 영향을 분석하기 위해서, 슬관절 전치환 수술을 한 여성을 대상으로 PNF운동집단 5명과 BOSU 운동집단 5명으로 분류하였다. 시각 통증 척도(VAS), 유연성(체전굴, ROM), 하지 근기능(일어서서 걷기 검사), 하지 근 활성화도, WOMAC에 어떠한 개선 효과를 보이는지 비교 분석한 결론은 다음과 같다.

#### 1) 시각 통증 척도(VAS)

측정시기에 따른 변화에서 유의한 차이가 나타났으며, PNF 운동집단과 BOSU 운동집단에서 유의하게 증가한 것으로 나타났다.

#### 2) 유연성의 변화

체전굴의 측정시기에 따른 변화에서 유의한 차이가 나타났으며, PNF 운동집단에 유의하게 증가한 것으로 나타났으며, ROM은 측정시기에 따른 변화에서 유의한 차이가 나타났으며, PNF 운동집단과 BOSU 운동집단에서 유의하게 증가한 것으로 나타났다.

#### 3) 하지 근기능(TUG)

하지 근기능 측정에서는 측정시기에 따른 변화에서는 측정시기에 따른 변화에서 유의한 차이가 나타났으며, PNF 운동집단과 BOSU 운동집단에서 유의하게 감소한 것으로 나타났다.

#### 4) 하지 근 활성화도

하지 근 활성화도에서는 BOSU 운동집단에서 외측광근만 측정시기에 따라 사후에 유의한 증가가 나타났으며, 대퇴직근과 내측광근은 유의한 차이가 나타나지 않았다.

#### 5) 무릎관절의 건강 및 기능 상태(WOMAC)

무릎관절의 건강 및 기능 상태 측정에서는 통증, 경직, 신체적 기능, 전체 점수에서 측정하였다. 측정시기에 따른 변화에서는 측정시기에 따른 변화에서 유의한 차이가 나타났으며, PNF 운동집단과 BOSU 운동집단에서 유의하게 감소한 것으로 나타났다.

## 2. 제 언

본 연구의 결과를 종합해보면 2주간 PNF 운동프로그램은 슬관절 전치환술 환자의 VAS, 체전굴, ROM, TUG, WOMAC에서 유의한 차이가 났으며, BOSU 운동프로그램은 슬관절 전치환술 환자의 VAS, ROM, TUG, WOMAC에서 유의한 차이가 나타났다. 근전도에서는 BOSU 운동프로그램에서 외측광근에서만 유의한 차이가 나서 긍정적인 효과를 보여주었다.

이상의 결과를 종합해 보면 PNF 운동 프로그램은 슬관절 전치환술 이후 조기재활에 유연성에 긍정적인 효과가 나타났고, BOSU 근력발달에 긍정적인 효과가 나타났다. 따라서, 슬관절 전치환술 후 조기 재활에 PNF와 BOSU 운동을 복합적으로 적용한 프로그램이 필요하다고 사료된다.

<Abstract>

Effects of PNF and BOSU exercise on pain level,  
lower extremity muscle function and muscle  
activity after total knee replacement

Park, Keon-Ju

*Department of Kinesiology*

*General graduate school Jeju National University*

*Jeju, Korea*

Supervised by professor Kim, Young-Pyo

The purpose of this study is to study the effects of CPM and PNF, CPM and BOSU exercise on pain level, flexibility, lower extremity muscle function and activity, and WOMAC for 2 weeks after total knee replacement. This study was conducted on 10 adult women aged 55 years or older who were between 1 and 2 weeks after total knee replacement. According to the exercise program, it was composed of a PNF group (CPG, n=5) and a BOSU group (CBG, n=5). The results obtained in this study are as follows;

First, significant correlations were found difference in flexibility in the change of body flexion in the PNF exercise program

Second, significant correlations were found muscle activity in the change of the

vastus lateralis in the BOSU exercise program.

As results of this study, the PNF exercise program showed a positive effect on flexibility after total knee replacement, and the BOSU exercise program showed a positive effect on muscle strength development. Therefore, a program that combined PNF and BOSU exercise is needed after total knee replacement.

## 참고문헌

- 강달원, 강미경, 강은실, 고유리, 김다운, 김대용, 김정은, 김원황, 김자연, 김환, 정대인, 김명훈, 김상엽, 이동진, 김찬규, & 김현진. (2011). 세라밴드를 이용한 PNF 기법 적용이 65세 이상 여성노인의 균형과 보행에 미치는 영향. **대한물리치료사학회지**, 18(1), 1-10.
- 강영옥, & 송라운. (2020). 슬관절 전 치환술 환자를위한 점진적하지 운동 프로그램 개발 및 효과. **한국성인간호학회지**, 32 (6).
- 고태성, 김성렬, & 이종수. (2009). 퇴행성 슬관절염 환자에 대한 한글판 WOMAC Index 의신뢰도와 타당성에 관한 연구. **한방재활의학과학회지**, 19(2).
- 국민건강보험공단. (2019). 건강보험 주요 수술 통계 2019년 발표
- 권지영. (2018). 튜빙과 고유수용성 운동이 만성적 발목 불안정성 발레 무용수의 안정성에 미치는 영향. **한국체육과학회지**, 27(5), 1367-1379.
- 김명기, 김신, & 김성수. (2007). 탄력저항운동과 운동치료가 고관절 전치환 수술 환자의 하지근력 및 통증에 미치는 영향. **한국사회체육학회지**, 31, 901-909.
- 김석환. (2012). 고유수용성신경근촉진법이 여성노인의 신체기능 및 낙상효능감에 미치는 효과. **미간행 박사학위논문, 전남대학교 대학원.**
- 김수민, & 배성수. (2005). 만성 뇌졸중 환자에 대한 PNF 집단 운동프로그램의 효과. **대한고유수용성신경근촉진법학회지**, 3(1), 1-15.
- 김연정, 윤미녀, & 한상숙 (2011). 등척성운동을 포함한 세라밴드 저항훈련 프로그램이 인공슬관절 전치환술 환자에게 미치는 효과. *Original Article Korean J Health Promot*, 11(2), 82-90.
- 김용훈, 김근우, 민학진, 윤의성, 조국형, 김대영, & 김상림. (1999). 슬관절 전치환술 후의 슬관절 운동범위에 영향을 미치는 인자들. **대한슬관절학회지**, 11(1), 20-25.
- 김용훈. (2010). 체간 안정화 운동이 뇌졸중 환자의 균형 및 보행에 미치는 영향. **미간행 석사학위논문, 대구대학교 대학원.**
- 김은자, 류인태, & 박효정. (2018). 불안정한 지지면에서 가상현실 훈련이 만성

- 뇌졸중 환자의 균형에 미치는 영향. *Age (year)*, 61(9.76 ), 58-80.
- 김은자, 최영덕, & 김명준. (2016). 불안정한 지지면 운동이 여성 노인의 균형과 하지 근활성에 미치는 영향. *대한신경치료학회지*, 20(2), 17-23.
- 김창현, 강태우, & 김범룡. (2018). 고유 수용성 신경근 촉진법 운동이 무릎 관절 전치환술 환자의 관절 가동 범위와 통증 및 기능적 활동에 효과 영향. *PNF 및 운동*, 16 (1), 75-83.
- 김태호, 김은정, 정재민, 윤영조, & 한진태. (2008). 요통환자에 대한 PNF 적용 효과에 관한 고찰. *대한고유수용성신경근촉진법학회지*, 6(1), 33-40.
- 김한나. (2008). 구조화된 교육 프로그램이 슬관절 전치환술 환자에게 미치는 효과. **미간행 석사학위논문, 을지대학교 대학원.**
- 김해중, 김광중, & 김상우. (2009). 고유수용성 감각 신경근 촉진법 스트레칭 훈련이 유연성 체력요인에 미치는 효과. *한국체육과학회지*, 18(3), 905-916.
- 김현준. (2008). 만성 뇌졸중 환자의 몸통 안정 운동이 몸통 강화, 동적 균형 및 보행에 미치는 영향. **미간행 석사학위논문, 삼육대학교 대학원.**
- 나영현, 구봉오, 노민희, & 안소윤. (2007). 성인 편마비환자의 외적 되먹임 체중부하 훈련이 낙상예방에 미치는 효과. *대한물리의학회지*, 2(2).
- 대한정형외과학회. (1999). 정형외과학. *최신의학사*, 497-502.
- 박승규, & 김제호. (2013). 근전도-생체되먹임 훈련이 무릎관절 전치환술 환자의 하지 근활성도와 균형에 미치는 영향. *대한물리치료학회지*, 25(2), 81-87.
- 박찬. (2016). 근력강화를 동반한 밸런스 운동이 무릎관절 전치환술 노인의 균형, 근력, WOMAC, 통증 및 우울지수에 미치는 영향. **미간행 박사학위논문, 대구대학교 대학원.**
- 박혜상, & 박태섭. (2004). 스트레칭 유형에 따른 노인의 관절가동범위 비교. *한국발육발달학회지*, 12(3), 63-69.
- 배대경. (2003). 슬관절 전치환술, *근관절건강학회지*, 10(2), 220-222.
- 배대경, 윤경호, 송상준, & 하정한. (2004). Fixed-bearing 슬관절 전치환술 후의 슬관절 운동범위. *구 대한슬관절학회지*, 16(1), 1-7.
- 배성수, 이현옥, 구봉오, 김상수, 김태운, & 황성수. (2003). 고유수용성신경근촉진법의 변화와 발전. *대한고유수용성신경근촉진법학회지*, 1(1), 27-32.



- 배성수, 정형국, & 김호봉. (1998). 고유수용성 신경근 촉진법 패턴의 운동 분석. **대한물리치료학회지**, 10(1), 213-221.
- 배성수. (1993). 고유수용성 신경근 촉진법 원리에 관한 고찰. **대한물리치료학회지**, 5(1), 109-114.
- 배창환, 김수일, 조성현, & 김철용. (2013). 무릎관절 전치환술 후 초기 운동요법이 고유수용성 감각과 통증에 미치는 영향. **대한건강과학학회지**, 10(2), 69-78.
- 변정은, & 김남수. (2019). 8주간 고유수용성감각 운동프로그램이 태권도 품새 선수들의 등속성 근기능에 미치는 영향. **한국체육과학회지**, 28(6), 1405-1413.
- 서국웅, 이훈식, 정미라, 이창민, & 윤양진. (1999). 중량단계별 상지근육의 근전도 패턴 분석. **한국운동역학회지**, 9(1), 47-58.
- 석민화, 왕승용, & 신윤아. (2014). 외발스쿼트 시 부하여부와 지지면의 불안정성이 하지 근 활성화도에 미치는 영향. **코칭능력개발지**, 16(3), 133-142.
- 송태승, 김완수, & 유상원. (2000). 주관절 굴곡 가도가 어깨 주위 근육의 활동전위에 미치는 영향: 편측 상지 고유수용성 신경근 촉진법 중심으로. **한국전문물리치료학회지**, 7(2), 88-95.
- 송효성, & 김진영 (2012). 트램폴린 훈련이 노인 여성의 무릎 관절의 균형 및 위치 감각에 미치는 영향. **대한정형외과 수동물리치료학회지**, 18(1), 11-17.
- 신이슬, & 이영희. (2018). 슬관절 전치환술 후 조기 슬관절 운동 교육 프로그램이 통증, 슬관절가동범위, 환자만족도에 미치는 영향. **임상간호연구**, 24(3), 283-292.
- 심제명, 강병선, 하해정, 한상용, 배성수, 김중선, & 구봉오. (2008). 정적 신장과 고유수용성 신경근 촉진 (PNE) 신장기법적용 후 슬괵근에 대한 진단 초음파를 통한 분석. **대한물리의학회지**, 3(2), 81-8.
- 안용덕, & 박종항. (2013). PNF 통합패턴 트레이닝이 하키선수들의 균형능력과 기능적 능력에 미치는 영향. **디지털융복합연구**, 11(11), 521-528.
- 유명철. (1995). 골관절염 치료의 최신경향. **대한근관절건강학회: 학술대회논문집**, 227-229.
- 윤수은, 이선영, & 이호성. (2017). 엉덩관절 모음근 수축을 동반한 교각운동이 코어 및 다리근육의 활성화도에 미치는 영향. **한국사회체육학회지**, 70, 625-634.

- 윤지영, & 이종경. (2015). 슬관절 전치환술 후 세라밴드 운동프로그램이 수술 후 통증, 슬관절 굴곡각도 및 심리적 지수에 미치는 효과. *Journal of Korean Academy of Nursing*, 45(6), 823-833.
- 이경수. (2004). 무릎통증 개선을 위한 운동요법의 효과. **미간행 석사학위논문, 인제대학교 대학원.**
- 이재홍, 민동기, & 이상재. (2018). 체간 안정화 운동이 무릎관절 전치환술 환자의 무릎기능, 균형, 보행에 미치는 영향. *한국산학기술학회 논문지*, 19(2), 422-428.
- 이주현. (2010). PNF 하지패턴 운동이 슬관절 전치환술환자의 통증과 균형에 미치는 영향. **미간행 석사학위논문, 대구대학교 대학원.**
- 이지연, & 노효련. (2011). 불안정 지지면과 안정 지지면에서의 만성 뇌졸중 환자의 균형 능력 비교. *한국산학기술학회 논문지*, 12(8), 3587-3593.
- 이진, & 황세돈. (2018). 밸런스 패드를 이용한 스쿼트 동작과 정적균형 유지 동작이 근 활성화도 및 신체압력중심에 미치는 영향. *한국사회체육학회지*, 73, 453-462.
- 이춘신. (2003). 무릎관절증 개선을 위한 운동요법의 효과. **미간행 박사학위논문, 인제대학교 대학원.**
- 이춘희, & 박희옥. (2017). 관절염 대상자의 낙상예방을 위한 운동중재의 효과-메타분석. *성인간호학회지*, 29(6), 587-603.
- 이춘희. (2019). 재가 하지 골관절염 노인을 위한 목표달성이론 기반 낙상예방프로그램 개발 및 효과. **미간행 박사학위 논문, 계명대학교 대학원.**
- 전경규, & 박상용. (2016). 슬개동통증후군 환자의 재활운동 참여가 하지의 복합기능 향상에 미치는 효과. *한국체육과학회지*, 25(4), 1347-1356.
- 정낙수, & 최규환. (2001). 노인낙상의 원인과 예방. *한국전문물리치료학회지*, 8(3), 107-117.
- 정명실, & 곽혜선. (2008). 슬관절 전치환술 후 하지 근육강화 운동 프로그램 효과. *한국간호교육학회지*, 14(1), 20-29.
- 정복자. (2008). 노인의 낙상예방을 위한 운동프로그램 개발에 관한 연구. *한국유산소운동과학회지*, 12, 1-9.
- 정왕모, & 김범룡. (2017). 고유수용성신경근축진법 운동이 만성허리통증환자의 통증과 기능장애지수에 미치는 영향. *PNF and Movement*, 15(2), 195-200.

- 정우식, 정재영, 김찬규, 정대인, & 김경윤. (2011). PNF의 Sprinter Pattern을 통한 하지의 근 활성도가 균형능력에 미치는 영향. *한국콘텐츠학회논문지*, 11(3), 281-292.
- 정진규, 김태열, 김용남, 황태연, & 이정우. (2006). 정상 골격근의 근전도 중앙주파수 및 초음파 영상 밀도 분석. *대한물리치료학회지*, 18(1), 83-94.
- 조우신. (2009). 종설: 무릎의 인공관절술 후 불안정성. *구 대한슬관절학회지*, 21(3), 119-126.
- 지상구, 차현규, & 이동걸. (2013). 고유수용성 신경근 촉진법의 체간 패턴 훈련이 뇌졸중 환자의 하지근 활성도와 정적 균형에 미치는 영향. *한국산학기술학회논문지*, 14(11), 5730-5736.
- 최보람, 고민석, & 이원휘. (2016). 하지 근력운동 방법에 따른 노인의 균형능력 비교. *보건과 복지*, 18, 41-54.
- 최승욱, & 이소은. (2008). 노인 여성을 위한 낙상예방 운동프로그램 개발 연구. *한국체육과학회지*, 17(2), 669-678.
- 최충혁, 김강욱, 성일훈, & 박예수. (2006). 슬관절 전치환술에 대하여 환자가 지적하는 좋은 점과 아쉬운 점에 대한 분석. *구 대한슬관절학회지*, 18(1), 20-25.
- 하현주, & 오민석. (2017). 슬관절 수술 후 재활에 대한 Continuous Passive Motion 치료와 한의 병행치료의 체계적 문헌 고찰. *Journal of Korean Medicine*, 27(3).
- Anderson, K., & Behm, D. G. (2005). Trunk muscle activity increases with unstable squat movements. *Canadian journal of applied physiology*, 30(1), 33-45.
- Bade, M. J., & Stevens-Lapsley, J. E. (2011). Early high-intensity rehabilitation following total knee arthroplasty improves outcomes. *journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 41(12), 932-941.
- Behm, D., & Colado, J. C. (2012). The effectiveness of resistance training using unstable surfaces and devices for rehabilitation. *International journal of sports physical therapy*, 7(2), 226.

- Bellamy, N. (1989). Pain assessment in osteoarthritis: experience with the WOMAC osteoarthritis index. *In Seminars in arthritis and rheumatism*, 18(4), 14-17.
- Bullens, P. H., van Loon, C. J., de Waal Malefijt, M. C., Laan, R. F., & Veth, R. P. (2001). Patient satisfaction after total knee arthroplasty: a comparison between subjective and objective outcome assessments. *The Journal of arthroplasty*, 16(6), 740-747.
- Carr, A. J., Robertsson, O., Graves, S., Price, A. J., Arden, N. K., Judge, A., & Beard, D. J. (2012). Knee replacement. *The Lancet*, 379(9823), 1331-1340.
- De Luca, C. J. (1997). The use of surface electromyography in biomechanics. *Journal of applied biomechanics*, 13(2), 135-163.
- Dean, C. M., Richards, C. L., & Malouin, F. (2000). Task-related circuit training improves performance of locomotor tasks in chronic stroke: a randomized, controlled pilot trial. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 81(4), 409-417.
- Diduch, D. R., Insall, J. N., Scott, W. N., Scuderi, G. R., & Font-Rodriguez, D. (1997). Total knee replacement in young, active patients. *Long-term follow-up and functional outcome. Jbjs*, 79(4), 575-82.
- Farina, D., Merletti, R., & Enoka, R. M. (2004). The extraction of neural strategies from the surface EMG. *Journal of applied physiology*, 96(4), 1486-1495.
- Funk, D. C., Swank, A. M., Mikla, B. M., FAGAN, T. A., & Farr, B. K. (2003). Impact of prior exercise on hamstring flexibility: a comparison of proprioceptive neuromuscular facilitation and static stretching. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(3), 489-492.
- Handel, M., Horstmann, T., Dickhuth, H. H., & Gülch, R. W. (1997). Effects of contract-relax stretching training on muscle performance in athletes. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 76(5), 400-408.

- Hunter, S. K., Ryan, D. L., Ortega, J. D., & Enoka, R. M. (2002). Task differences with the same load torque alter the endurance time of submaximal fatiguing contractions in humans. *Journal of neurophysiology*, 88(6), 3087-3096.
- Janine H., Kathleen M. G., & Leslie G. (2003). Determinants of balance confidence in community-dwelling elderly people. *Physical Therapy*, 83(12), 1072-1079.
- Jinks, C., Jordan, K., & Croft, P. (2002). Measuring the population impact of knee pain and disability with the Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC). *Pain*, 100(1-2), 55-64.
- Kenneth L. M., John R. M., and Joseph G. H. (2010). The effects of a home-based Kettelcamp, D. (1976). Gait characteristics of the knee: Normal, abnormal and post reconstruction. In Amer Acad Orthop Surg: *Symposium on Reconstructive Surgery of the Knee*, 47-57
- Kisner, C., Colby, L. A., & Borstad, J. (2017). Therapeutic exercise: foundations and techniques. Fa Davis.
- Lenssen, T. A., Van Steyn, M. J., Crijns, Y. H., Waltjé, E. M., Roos, G. M., Geesink, R. J., & De Bie, R. A. (2008). Effectiveness of prolonged use of continuous passive motion (CPM), as an adjunct to physiotherapy, after total knee arthroplasty. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 9(1), 1-11.
- Lord, S. R., & Fitzpatrick, R. C. (2001). Choice stepping reaction time: a composite measure of falls risk in older people. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 56(10), 627-632.
- Lundberg, H. J., Rojas, I. L., Foucher, K. C., & Wimmer, M. A. (2016). Comparison of antagonist muscle activity during walking between total knee replacement and control subjects using unnormalized electromyography. *The Journal of arthroplasty*, 31(6), 1331-1339.
- MacDonald, S. J., Bourne, R. B., Rorabeck, C. H., Malden, R. W., Kramer, J., &

- Vaz, M.(2000). Prospective randomized clinical trail of continuous passive motion after total knee arthroplasty. *Clinical Orthopedics and Related Research*, 380(1), 30-35.
- Merskey, H., & Bogduk, N. (1994). Classification of chronic pain second edition. Seattle: IASP Task Force on Taxonomy.
- Miller, K. L., Magel, J. R., & Hayes, J. G. (2010). The effects of a home based exercise program on balance confidence, balance performance, and gait in debilitated, ambulatory community dwelling older adults: a pilot study. *Journal of geriatric physical therapy*, 33(2), 85-91.
- Morris, S., Morris, M. E., & Ianssek, R. (2001). Reliability of measurements obtained with the Timed “Up & Go” test in people with Parkinson disease. *Physical therapy*, 81(2), 810-818.
- Moutzouri, M., Coutts, F., Gliatis, J., Billis, E., Tsepis, E., & Gleeson, N. (2019). Early initiation of home-based sensori-motor training improves muscle strength, activation and size in patients after knee replacement: a secondary analysis of a controlled clinical trial. *BMC musculoskeletal disorders*, 20(1), 1-10.
- Paul, J. P. (2005). Simulation of a knee joint replacement during a gait cycle using explicit finite element analysis. *Journal of biomechanics*, 38(3), 635-637.
- Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1989). The timed “Up and Go” test. *Arch Phys Med Rehabil*, 67, 387-389.
- Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). The timed “Up & Go”: a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American geriatrics Society*, 39(2), 142-148.
- Prochazka, A. (2010). Proprioceptive feedback and movement regulation. *Comprehensive Physiology*, 89-127.
- Province, M. A., Hadley, E. C., Hornbrook, M. C., Lipsitz, L. A., Miller, J. P., Mulrow, C. D., ... & Weiss, S. (1995). The effects of exercise on falls in

- elderly patients: a preplanned meta-analysis of the FICSIT trials. *Jama*, 273(17), 1341-1347.
- Puolakka, P. A., Rorarius, M. G., Roviola, M., Puolakka, T. J., Nordhausen, K., & Lindgren, L. (2010). Persistent pain following knee arthroplasty. *European Journal of Anaesthesiology (EJA)*, 27(5), 455-460.
- Saeterbakken, A. H., Andersen, V., Jansson, J., Kvellestad, A. C., & Fimland, M. S. (2014). Effects of BOSU ball (s) during sit-ups with body weight and added resistance on core muscle activation. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(12), 3515-3522.
- Salaffi, F., Leardini, G., Canesi, B., Mannoni, A., Fioravanti, A., Caporali, R. O., ... & Punzi, L. (2003). Reliability and validity of the Western Ontario and McMaster Universities (WOMAC) Osteoarthritis Index in Italian patients with osteoarthritis of the knee. *Osteoarthritis and cartilage*, 11(8), 551-560.
- Schilling, B. K., Falvo, M. J., Karlage, R. E., Weiss, L. W., Lohnes, C. A., & Chiu, L. Z. (2009). Effects of unstable surface training on measures of balance in older adults. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(4), 1211-1216.
- Smedes, F., Heidmann, M., Schäfer, C., Fischer, N., & Stępień, A. (2016). The proprioceptive neuromuscular facilitation-concept: the state of the evidence, a narrative review. *Physical Therapy Reviews*, 21(1), 17-31.
- Stevens-Lapsley, J. E., Balter, J. E., Wolfe, P., Eckhoff, D. G., & Kohrt, W. M. (2012). Early neuromuscular electrical stimulation to improve quadriceps muscle strength after total knee arthroplasty: a randomized controlled trial. *Physical therapy*, 92(2), 210-226.
- Sullivan, P. E., & Portney, L. G. (1980). Electromyographic activity of shoulder muscles during unilateral upper extremity proprioceptive neuromuscular facilitation patterns. *Physical therapy*, 60(3), 283-288.
- Valtonen, A., Pöyhönen, T., Sipilä, S., & Heinonen, A. (2010). Effects of aquatic resistance training on mobility limitation and lower-limb impairments after

knee replacement. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 91(6), 833-839.

Verhagen, E., Bobbert, M., Inklaar, M., van Kalken, M., van der Beek, A., Bouter, L., & van Mechelen, W. (2005). The effect of a balance training programme on centre of pressure excursion in one-leg stance. *Clinical Biomechanics*, 20(10), 1094-1100.



## 부 록

### 한글판 WOMAC

#### < 통 증 >

구분	항목	불편하지 않다	조금 불편하다	보통이다	많이 불편하다	매우 많이 불편하다
1	걷기	----- ----- ----- -----				
2	계단 오르기	----- ----- ----- -----				
3	야간	----- ----- ----- -----				
4	휴식	----- ----- ----- -----				
5	체중부하	----- ----- ----- -----				

#### < 경 직 >

구분	항목	불편하지 않다	조금 불편하다	보통이다	많이 불편하다	매우 많이 불편하다
1	아침 경직	----- ----- ----- -----				
2	낮 동안의 경직	----- ----- ----- -----				

#### < 신체적 기능 >

구분	항목	불편하지 않다	조금 불편하다	보통이다	많이 불편하다	매우 많이 불편하다
1	걷기	----- ----- ----- -----				
2	계단 오르기	----- ----- ----- -----				
3	야간	----- ----- ----- -----				
4	휴식	----- ----- ----- -----				
5	체중부하	----- ----- ----- -----				
6	걷기	----- ----- ----- -----				
7	계단 오르기	----- ----- ----- -----				
8	야간	----- ----- ----- -----				
9	휴식	----- ----- ----- -----				
10	체중부하	----- ----- ----- -----				
11	걷기	----- ----- ----- -----				
12	계단 오르기	----- ----- ----- -----				
13	야간	----- ----- ----- -----				
14	휴식	----- ----- ----- -----				
15	체중부하	----- ----- ----- -----				
16	휴식	----- ----- ----- -----				
17	체중부하	----- ----- ----- -----				