

# 슬관절전치환술 후 연속수동운동(CPM)과 연속능동운동(CAM) 적용이 관절 고유수용감각에 미치는 영향

양진모<sup>1</sup> · 김선엽<sup>2</sup>

대전중앙병원 물리치료실<sup>1</sup> · 대전대학교 보건스포츠대학원 물리치료학과<sup>2</sup>

## The Effect of Continuous Passive Motion and Continuous Active Motion on Joint Proprioception After Total Knee Replacement

Jin-Mo, Yang<sup>1</sup> · Sunh-Yeop, Kim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Dept. of Physical Therapy. Joung-Ang Hospital*

<sup>2</sup>*Dept. of Physical Therapy. The Graduate School, Daejeon University*

### Abstract

**Purpose:** The purpose of this study was to compare the effects of continuous passive motion(CPM) and continuous active motion(CAM) on proprioception of the knee after total knee replacement(TKR). **Methods:** Twenty patients with TKR were randomly allocated into two groups, the CPM group(n=10) and the CAM group(n=10). All subjects were evaluated for levels of pain, passive range of motion and angle reproduction of the knee. An angle reproduction test was used to assess the proprioceptive deficit. Two types of angle reproduction test were used: a passive angle reproduction(PAR) test and an active angle reproduction(AAR) test. The relevant examinations were performed before and after intervention(on the 5th day and the 10th day). The statistical significance were calculated using a t-test and a one-way repeated ANOVA. **Results:** A pre-intervention significant difference was not found between the two groups. Significantly better results were before and after the intervention at 10 days, for the PAR(flexion direction) test; however, only in the CAM group. There were no significant difference, either before or after the intervention, for the AAR test(flexion and extension direction) in both group.

Both groups experienced similar levels of pain and passive range of knee motion before and after the intervention. **Conclusion:** This study revealed that CAM was a better effect to restore position sense of the knee joint after TKR.

**Key Words :** Continuous passive motion, Continuous active motion, Total knee replacement, joint proprioception

## I . 서론

슬관절의 대표적인 질환 중 하나는 골관절염(osteoarthritis)이다. 이 질환은 관절연골, 연골하골, 활액막, 관절낭 등에 영향을 준다(Hewitt, 2002). 이러한 골관절염은 환자의 걷기 능력의 제한과 통증을 일으키는 원인이 된다(Noble, 2005). 그로 인해 환자들의 대부분이 슬관절 전치환술(total knee replacement; TKR)이 필요하게 된다. 슬관절 전치환술은 연골과 십자인대를 제거하고 부속물을 무릎에 삽입하는 방식의 수술 방법으로 슬관절을 덮고 있는 관절낭은 제거되지 않지만 수술방법에 의해 손상을 받는다. 슬관절 전치환술은 환자에게 있어 일상생활에 불편함을 가져오는 환자의 극심한 통증, 관절의 강직, 변형, 불안정성 등을 경감 시켜준다. 정상적인 슬관절의 경우 매끄러운 연골로 이루어져 있기 때문에 그 사이를 거의 마찰 없이 움직이게 된다. 하지만 손상된 관절면은 거칠고 불규칙하며 이로 인해 극심한 통증이 유발된다. 또한 관절염이 악화되므로 인해 관절변형과 강직을 가져오기도 한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 슬관절 전치환술이 시행되고 있다(Noble, 2005).

관절손상이나 관절 질환 후 고유수용성감각에 결손이 유발된다. 이러한 고유수용성감각의 결손은 기능적 불안정성(functional instability)을 유발하는데, 이것은 슬관절 주위 근육의 감각운동 조절 시스템의 기능부전에 의한 것이다. 슬관절 손상에 대한 선행 연구에서 전십자인대 손상 후 기능부전은 루피니소체, 파시니안소체, 골지건 기관, 근방추 등에서 오는 고유수용성감각의 부재에 의한 것이라고 하였다(Halata, 1999; Haus, 1992). 고유수용성감각은 속도와 크기, 방향을

포함한 관절운동과 관절의 위치를 식별하여 정상적인 운동조절을 하기 위한 중요한 요소가 된다고 하였다. 또한 고유수용성감각은 일상생활동작 시 관절이나 근육 수용기에서 받은 감각 정보를 통합하여 인체 각 부분의 위치와 움직임을 인식하고 균형을 조절하는 역할을 한다고 하였다(Riemann 등, 2002; Ageberg 등, 2007). 따라서 고유수용성감각은 관절의 움직임과 위치를 알려주어 관절의 안정성에 도움을 준다. 그 중 관절위치감각은 관절 내 또는 근육 내의 감각 수용기에 입력된 위치감각 정보를 통해 시각 및 전정계와 통합하여 운동감각을 인식하여, 관절의 위치를 재현할 수 있는 능력을 말하고, 운동감각은 관절의 위치를 재현하는 능력보다는 움직임을 의식적으로 인지하는 능력을 말한다(Lord 등, 1991; Matthews, 1982). 그 중 관절위치감각은 피부, 근육, 건 그리고 관절 조직에 위치한 감각 수용기에서 상행로로 입력된 위치감각 정보를 중추신경계에서 통합하여 운동을 인식하고, 관절의 위치를 재현할 수 있는 능력을 말하며(Lord 등, 1991; Matthews, 1982), 균형을 조절하는 역할을 한다고 하였다(Riemann 등, 2002). 이러한 기전에 대하여 많은 논쟁이 되고 있지만, 중요한 것은 말초자극 중에 가장 중요한 역할을 하는 것은 근육내 수용기라는 선행연구가 있었다(Gandevia 등, 1976). 이 의미는 근육 활성화는 관절위치감각의 능력 향상에 도움을 준다는 의미이다. 또한, 관절위치감각은 관절의 움직임과 위치를 알려주어 관절의 안정성에 도움을 준다고 하였다(Riemann 등, 2002). 근육을 활성화 시키는 방법으로 수동 운동보다 능동 운동이 효과적이었다는 선행 연구가 있었다(Bouët 등, 2000).

관절의 고유수용성 감각에는 관절위치감각(joint

position sense)과 운동감각(kinesthesia)으로 구분할 수 있으며, 평가를 통해 관절의 고유수용감각 수준을 측정할 수 있다(Callaghan 등, 2002). 관절위치감각과 운동감각의 평가와 관련한 연구들에서 이용된 방법들은 능동 각도재현(active angle reproduction; AAR) 검사와 수동 각도 재현(passive angle reproduction; PAR) 검사, 그리고 수동운동 인지 검사(threshold to detect passive motion) 등이 주로 사용되고 있다(Callaghan 등, 2002).

슬관절 전치환술 후 관절강직을 막고 합병증을 최소화시키기 위해 일반적으로 실시되고 있는 물리치료와 함께 슬관절의 연속적 수동 운동(continuous passive motion; CPM)을 시행되고 있다. CPM에 관한 연구들에 의하면 수술 후 정맥혈의 흐름과 상처치유를 좋게 해주어(Lynch 등, 1984) 조기에 관절 운동범위를 늘려준다고 하였다(Beaupré 등, 2001). 그러나 CPM 사용은 치료기간이 오래 걸리고, 기계에 투자되는 비용이 많다는 단점이 있다. 게다가 수술 후 CPM이 몇몇 환자들에게 통증과 불편함을 가져다준다고 하였다(Bruun-Olsen 등, 2009). 그리고 CPM에 관한 단기효과에 관련된 근거는 아직 매우 부족한 수준이다. 하지만 능동적인 운동에 관한 연구에서는 전십자인대 재건술 후 재활운동으로 제공되는 CPM과 능동적 슬관절 운동(continuous active motion; CAM) 중 관절위치감각의 회복에 대한 연구에서 재건술 후 2주후에 CAM 같은 능동적 운동이 CPM군과 비교하여 관절위치감각의 회복에 유의하게 차이가 있다는 연구가 있었다(Friemert 등, 2006).

슬관절 전치환술 이후 십자인대의 제거와 관절낭, 근육의 손상으로 인해 관절위치감각의 결손이 생기게 되는데 선행 연구의 인대손상 후 관절위치감각 회복에 능동적 움직임의 효과에 대한 면을 본 연구에 적용하였다. 관절위치감각의 결손은 관절 안정화에 문제가 생기게 되어 슬관절의 기능적 불안정성을 유발하여 손상으로부터 인체 방어에 문제를 일으킬 수 있다.

이에 본 연구의 목적은 슬관절 전치환술 후 슬관절의 수동적 운동과 능동적 운동 방법이 관절의 고유수용감각 수준에 미치는 영향에 차이가 있는가를 알아보고자 한다. 연구의 구체적 가설은 다음과 같다. 첫

째, 전치환술 후 수술측과 비수술측의 슬관절 고유수용감각에 차이가 있을 것이다. 둘째, 전치환술 후 CPM의 적용이 슬관절 고유수용감각에 영향을 줄 것이다. 셋째, 전치환술 후 CAM의 적용이 슬관절 위치감각에 영향을 줄 것이다. 넷째, 슬관절 전치환술 후 CPM과 CAM 적용 이 슬관절의 고유수용감각 수준의 변화율에 영향을 줄 것이다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상자

본 연구의 연구대상자는 슬관절 전치환술을 시술 받은 20명의 환자를 대상으로 하였다. 연구자가 본 연구의 목적과 내용을 충분히 설명하고 자발적으로 연구의 참여에 동의를 한 환자들을 대상으로 연구를 시행하였다.

연구대상자의 선정 조건은 슬관절 전치환술을 시술 받은 환자 중 본 연구의 목적과 내용을 듣고 참여를 원하는 자로 선정하였고, 편측 슬관절 전치환술을 받은 환자, 고관절과 발목관절, 허리관절에 정형외과적 문제가 없는 자, 신경외과적 질환이 없는 자를 대상으로 하였다. 초기 슬관절 각도가 굴곡 70도, 신전 -10도 이하인 자로 하였다. 제외조건은 연구에 참여를 원하지 않는자는 연구에서 제외하였고, 양쪽 슬관절 전치환술 환자나 고관절, 발목관절, 허리관절에 정형외과적 질환이 있는 자, 신경외과적 질환이 있는 자는 제외하였다. 실험 전 슬관절 수동각도가 굴곡 70도 이하인 자, 신전 -10도 이상인 자는 제외하였다. 연구대상자들에게 적용한 수술은 기계학적 정렬의 정확성을 높이기 위해 컴퓨터-보조(computer-assisted) 방법을 사용하여 두 명의 정형외과 전문의에 의하여 시행되었다.

### 2. 연구절차

본 연구에 참여한 연구대상자는 CPM군, CAM군으

로 무작위 배정하였다. 실험군의 배정방법은 1번, 2번의 두 가지 번호가 적혀있는 탁구공을 넣은 주머니 속에서 연구자가 하나를 뽑아, 그 번호가 1번이면 CPM군, 2번이면 CAM군으로 무작위 배정하였다. 대상자는 자신이 어느 군에 배정되었는지 알지 못하게 하였다. 모든 대상자에게 실험 전에 슬관절부의 통증 수준과 슬관절의 수동적 관절가동범위 검사를 실시하였고, 고유수용성감각 수준을 평가하였다. 실험전 평가는 슬관절 수술 후 5일째 되는 날에 실시하였다. 그 후 5일 후와 10일 후에 각각 재평가를 실시하였다.

### 1) CPM와 CAM 적용 방법

두 군의 대상자들에게 기본적인 중재 방법으로 CPM(L4D, Ottobock, Canada)을 30분간 적용하였다. 그 후 CPM군에는 CPM을 30분간 추가 적용하였고, CAM군에는 CAM을 30분간 추가 적용하였다. 모든 실험 과정은 물리치료실에서 이루어졌으며, 한 명의 동일한 물리치료사에 의해 CPM군과 CAM군의 중재가 진행되었다. CAM 적용은 능동적으로 슬관절을 굴곡과 신전 시 최대한 운동 마찰을 줄이고 연구 목적에 맞게 고안한 슬라이딩 판(sliding board)을 연구자가 직접 제작하여 이용하였다.

CPM 적용 방법은 환자는 똑바로 누운 자세에서 시행하였고, 수동 운동의 속도는 굴곡과 신전 동작을 한 주기(cycle)로 하여 한 주기/30초의 속도로 움직임이 유지되도록 하였다. 환자는 통증을 유발하지 않는 범위 내에서 동작이 일정하게 일어나도록 하였다. CAM은 환자가 옆으로 누운 자세에서 시행하였고, 매트리스를 이용하여 굴곡과 신전의 한 주기/30초의 움직임이 일으키도록 운동 속도를 조절하였으며, 환자가 운동 시 통증이 유발되지 않도록 하였다. 두 방법의 운동은 환자의 통증 수준을 기초로 하여 점진적으로 운동의 가동범위를 증가하면서 적용하였다.

## 2) 측정 방법 및 측정 도구

### (1) 통증 수준 평가

연구대상자가 인식하는 통증 수준을 평가하기 위해 100mm 시각적 상사 척도(visual analog scale; VAS)를

이용하였다. VAS는 통증 정도를 표현하는데 간단하고 재현성이 높으며 민감한 방법으로 높은 타당도를 보이며, 측정자내 신뢰도( $r=.99$ ), 측정자간 신뢰도( $r=1.00$ )가 매우 높다고 알려져 있다.

### (2) 슬관절의 고유수용성감각 평가

본 연구에서 슬관절의 고유수용성감각을 평가하기 위해 두 가지 즉, 관절위치감각과 운동감각 수준을 이용하였다. 관절위치감각을 평가하기 위해 수동적 각도 재현(PAR) 검사를, 관절의 운동감각을 평가하기 위해서는 능동적 각도 재현(AAR) 검사를 각각 이용하였다.

검사는 연구대상자의 수술측 슬관절과 비수술측 슬관절에서 실시하였다. 비수술측 슬관절의 평가는 수술측 슬관절의 참고값(reference)으로 이용하기 위해 측정하였다. 측정 방법은 수술측 슬관절에 실시한 PAR과 AAR 방법과 동일한 방법으로 측정하였다. 측정시 움직임의 방향과 측정 방법의 결정은 사전에 무작위 방법으로 굴곡과 신전, PAR과 AAR법을 각각 표기한 공을 뽑는 방식을 이용하여 결정하였다.

#### ① PAR 검사

검사의 시작 자세는 옆으로 누운 자세에서 고관절은 편안하게 약간 굴곡하고 슬관절은 70도 굴곡한 자세와 10도 신전한 자세에서 측정보드판을 이용하여 측정되었다. 측정 방향과 측정 방법의 순서는 무작위 방법으로 결정하였다. 굴곡 검사에서는 슬관절 90도 굴곡한 상태를 기준으로 하여 10도 신전한 위치에서 시작하였다. 슬관절의 움직임은 환자의 아무런 도움 없이 검사자에 의해 설정된 각도까지 수동적으로 움직이게 하였고, 사전에 굴곡 설정 각도 값은 50도와 60도를 정하였다. 이 각도는 선행연구에서 이용한 각도 값을 참고로 하여 정하였다(Skinner, 1984; Jerosch, 1996). 각도 설정에서 PAR 검사 시에는 50도를 이용하였다면, AAR 검사 시에서는 60도 값을 이용하였다. 그 이유는 검사과정을 통한 환자의 학습 효과를 제거하기 위해서이다. 신전 검사는 슬관절 90도 굴곡 상태를 기준으로 하여, 70도 굴곡한 위치에서 시작하였다. PAR 검사 시와 마찬가지로 환자는 아무런 저항 없이 검사자에 의해 설정된 각도까지 수동적으로 움직이게

하였다. 신전 검사 시 설정한 각도 값은 20도와 30도를 이용하였다. 각도 설정에서 PAR 검사시 20도를 이용하였다면 AAR 검사 시에는 30도를 이용하였다. PAR 검사와 AAR 검사는 모두 같은 자세에서 측정하였고, 각 검사 간에 10분간 휴식하도록 하였다. 환자에게 시각적 정보를 차단하기 위해 안대로 환자의 눈을 가리고 실시하였고, 검사자가 환자의 발목 부위와 슬관절 위 부분을 잡고 관절의 수동 운동을 일으켰다. 수동적 움직임의 운동 속도는 한 주기/30초였다. 대상자에게 검사 과정에서 어떠한 근육도 힘을 주지 않도록 사전에 교육하였다. 측정 전에 대상자들에게 사전 연습을 통해 검사하고자 하는 각도에서 10초 동안 유지시키고, 대상자가 그 위치를 기억하라고 지시하였다. 평가할 관절 각도에서 멈춘 후 다시 시작자세로 수동적으로 돌아온 후 5초 동안 쉬는 시간을 가졌다.

PAR 검사 시 환자 자신이 판단하는 슬관절의 굴곡 또는 신전 각도에 도달되었을 때 ‘그만’이라고 말하였고, 그 때 검사자는 측정 보드판에 사전에 준비한 스티커로 표시한 후, 측정이 끝난 후 각도계(goniometer)를 이용하여 각도를 측정하였다. 측정 각도는 목표 각도에 미달 시 음의 각도로, 목표 각도를 지나친 경우 양의 각도로 기록하였다. 자료 분석 시에는 측정값의 절대값을 이용하였다. 측정은 총 3회 실시하여 그 평균값을 측정값으로 기록하였다. 검사는 수술 후 5일째 되는 날에 실험 전 평가로 측정하였고, 각 중재를 적용한 후 5일째 되는 날과 10일째 되는 날에 같은 방법으로 재검사하였다.

## ② AAR 검사

AAR 검사의 시작 자세도 PAR 검사와 같은 자세에서 실시하였고, 검사 도구도 같은 측정보드판을 이용하였다. 측정 방향 및 측정 방법의 결정도 PAR 검사와 유사한 방법을 이용하였다. 굴곡 검사 시에 슬관절은 90도 굴곡 자세를 기준으로, 10도 신전한 위치에서 시작하였다. 환자는 자신의 힘으로 설정된 각도까지 능동적으로 움직이게 하였다. 굴곡 설정 각도 값은 50도와 60도 값을 정하였다. 검사 각도의 결정에서 만약 PAR 검사 시 50도를 이용하였다면, AAR 검사 시에는 60도 값을 이용하였다. 신전 검사는 슬관절 90도 굴곡

상태를 기준으로 하여, 70도 굴곡한 위치에서 시작하였다. 환자는 스스로 설정된 각도까지 능동적으로 움직이게 하였다. 신전 검사의 설정 각도 값은 20도와 30도를 이용하였다. 만약 PAR 검사 시 20도를 이용하였다면, AAR 검사 시에 30도를 이용하였다. PAR 검사와 AAR 검사 간에 10분간 쉬는 시간을 주었다. AAR 검사 시에도 시각적 정보를 차단하기 위해 안대 착용토록 하였다. 검사 전에 수동적으로 검사 각도에 위치하도록 하고 그 위치에서 10초 동안 유지하여 그 자세를 기억하도록 하였고, 그 자세에서 수동적으로 다시 시작자세로 되돌아온 후 5초간 쉬는 시간을 주었다. 그 다음 본인 스스로 슬관절을 움직여 바로 전에 위치했던 관절 위치에 가져가도록 하였다. 검사자는 이때 관절의 각도를 측정하였다. 본 검사는 연습 방법과 같이 대상자가 판단하는 각도에 능동적으로 움직이게 하여 도달되면 그 위치에서 멈추고 검사자는 측정보드판에 사전에 준비한 스티커로 표시한 후, 각도계를 이용하여 각도를 계산하였다. 측정 각도는 목표 각도에 미달 시 음의 각도로, 목표 각도를 지나친 경우 양의 각도로 기록하였다. 자료 분석 시에는 측정값의 절대값을 이용하였다. 측정을 총 3회 실시하여 그 평균값을 측정값으로 기록하였다. 검사는 수술 후 5일째 되는 날에 실험 전 평가로 측정하였고, 각 중재를 적용한 후 5일째 되는 날과 10일째 되는 날에 같은 방법으로 재검사하였다.

## 3) 슬관절 관절가동범위(range of motion) 검사

슬관절의 관절가동범위 검사는 손상측의 슬관절에 대한 수동적 관절가동범위 검사로 실시하였고, 검사는 수술 후 5일째 되는 날에 실험 전 평가로 검사하였고, 각 중재를 적용한 후 5일째 되는 날과 10일째 되는 날에 같은 방법으로 재검사하였다. 모든 검사는 총 3회 반복 측정하고 그 평균값을 측정값으로 정하였다. 평가 방법은 관절을 움직이는 동안 대상자가 움직임의 끝 범위에서 약간의 통증이 일으키는 정도까지를 측정하였다.

### 3. 자료분석

본 연구에서는 측정된 자료들을 윈도우용 SPSS ver. 12.0 프로그램을 이용하여 통계 처리하였다. 중재 전 양측 슬관절에 고유수용성감각 수준을 비교하기 위하여 짝비교 t-검정을 이용하였고, 두 군간 슬관절의 통증 수준, 관절가동범위의 차이를 비교하기 위하여 독립 t-검정을 이용하였다. 각 군의 측정시점별 슬관절의 고유수용성감각 수준, 통증 수준, 관절가동범위의 차이를 비교하기 위해 반복측정 분산분석을, 두 군간의 측정시점별 슬관절의 고유수용성감각 수준, 통증 수준 그리고 관절가동범위의 변화 양상을 비교하기 위하여 개체간 요인이 있는 일요인 분산 분석(one-way repeated ANOVA)을 이용하였다. 통계학적 유의성을 검증하기 위해 유의수준은  $\alpha = .05$ 로 정하였다.

## III. 연구결과

### 1. 연구대상자의 일반적 특성

CPM군과 CAM군의 일반적 특성은 표 1과 같다. 전체 연구대상자 중 남성이 1명, 여성이 19명이었고, 평균 연령은 72.3세이었으며, 평균 신장은 155.9cm였다. 평균 체중은 62.0kg이었고, TKR 수술을 받은 쪽은 좌측이 9명, 우측이 11명이었다.

### 2. 중재 전 두 군의 양측 슬관절에 고유수용성감각 수준의 차이

중재 전 CPM군과 CAM군의 수술측과 비수술측 슬관절의 고유수용성감각 수준에 차이를 비교하기 위해 PAR 검사와 AAR 검사를 굴곡과 신전 검사로 각각 실시하고 그 결과를 표 2에 제시하였다. PAR 굴곡 검사 시 CPM군의 양측 슬관절에 오차 각도 차이는 3.07도였고, CAM군은 2.23도로 두 군 모두 수술측에 관절 위치감각이 더 나뉘었으나 양측 간에는 유의한 차이는

표 1. 연구대상자의 일반적 특성

변수	CPM군 (n=10)	CAM군 (n=10)	계 (n=20)
성별 (남/녀)	0/10a	1/9	1/19
연령(세)	71.4±5.7b	73.2±6.1	72.3±5.8
신장(cm)	156.1±4.9	155.6±5.8	155.9±5.2
체중(kg)	61.9±7.8	62.1±8.5	62.0±7.9
수술부위 (좌/우)	5/5a	4/6	9/11

CPM: continuous passive motion

CAM: continuous active motion

<sup>a</sup> 인원수

<sup>b</sup> 평균±표준편차

없었다. 신전 검사 시에도 두 군 모두 수술측의 PAR 오차 각도가 더 컸으나, 양측 슬관절 간에는 유의한 차이가 없었다.

수술측과 비수술측의 AAR 굴곡 검사 시 CPM군은 양측 슬관절에 오차 각도가 3.40도였고, CAM군은 2.60도로 두 군 모두 수술측의 운동감각이 더 나뉘었으나 양측 슬관절간에는 유의한 차이가 없었다. AAR 신전 검사 시에도 두 군 모두 수술측의 AAR 오차 각도가 더 컸으나 양측 슬관절 간에는 유의한 차이가 없었다.

### 3. CPM군과 CAM군의 측정시점별 슬관절의 관절위 치감각 수준의 변화 비교

측정시점에 따른 양측 슬관절에 관절위치감각 수준의 차이가 어떻게 변화되는가를 분석하였다(표 3).

굴곡 검사 시, CPM군은 중재 전, 중재 5일후와 10일후에 양측 슬관절의 관절위치감각에 차이값은 유의한 변화가 없었으나, CAM군에서는 유의한 감소를 보였다( $p < .05$ ). 사후검정 결과, 중재전과 중재 10일 후 간에 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ). 중재전과 중재 5일 후에 두 군간에 굴곡에 대한 관절위치감각 수준의 차이는 없었으나, 중재 10일후에는 두 군간에 유의한 차

표 2. 중재 전 두 군의 수술측과 비수술측 슬관절간에 고유수용감각 수준의 차이

고유수용감각 검사	CPM군(n=10)			t	CAM군(n=10)			t	
	비수술측	수술측	차이		비수술측	수술측	차이		
PAR	굴곡	1,50±0,57#	4,57±1,72	3,07±1,59	6,087	1,73±0,68	3,97±1,10	2,23±1,24	5,706
	신전	1,70±0,74	3,83±1,20	2,13±1,62	4,166	2,07±0,34	3,30±1,15	1,23±1,04	3,740
AAR	굴곡	3,20±1,33	6,60±2,98	3,40±3,14	3,422	3,37±1,67	5,97±3,04	2,60±3,75	2,190
	신전	2,30±1,08	5,53±2,28	3,23±2,59	3,945	2,53±1,33	6,60±3,33	4,07±2,98	4,321

CPM: continuous passive motion, CAM: continuous active motion,  
 PAR: passive angle reproduction test, AAR: active angle reproduction test  
 #평균(오차 각도)±표준편차

표 3 . 두 군의 측정시점별 슬관절의 관절위치감각 수준의 변화 비교

검사 방향	중재전 <sup>a</sup>	중재 5일후 <sup>b</sup>	중재 10일후 <sup>c</sup>	F	post-hoc	
굴곡	CPM(n=10)	3,13±1,44#	2,33±1,02	1,80±1,10	1,892	
	CAM(n=10)	2,23±1,24	1,23±1,49	,77±,42	5,034*	a)c
	t	1,498	1,926	2,773*		
신전	CPM(n=10)	2,20±1,51	1,93±1,20	1,83±1,07	,440	
	CAM(n=10)	1,23±1,04	,43±,32	,70±,51	3,061	
	t	1,661	3,808**	3,029**		

CPM: continuous passive motion, CAM: continuous active motion  
 #평균(오차 각도)±표준편차  
 \*p<.05, \*\*p<.01

표 4 . 두 군의 측정시점별 슬관절의 운동감각 수준의 변화 비교

검사 방향	중재전 <sup>a</sup>	중재 5일후 <sup>b</sup>	중재 10일후 <sup>c</sup>	F	
굴곡	CPM(n=10)	3,80±2,58#	2,57±1,32	1,40±,81	2,893
	CAM(n=10)	3,73±2,47	2,43±1,99	2,17±1,43	2,193
	t	,059	,177	-1,471	
신전	CPM(n=10)	3,37±2,40	2,70±2,32	2,03±1,70	2,629
	CAM(n=10)	4,20±2,76	1,53±,98	1,50±1,14	3,753
	t	-,721	1,466	,826	

CPM: continuous passive motion, CAM: continuous active motion  
 #평균(오차 각도)±표준편차  
 \*p<.05, \*\*p<.01

이가 있었다( $p<.05$ ). 운동방법과 측정시점 간에는 상호작용이 나타나지 않았다.

신전 검사 시, CPM군과 CAM군 모두 중재전과 중재 5일후, 10일후에 양측 슬관절에 관절위치감각의 차이값은 유의한 차이가 없었다. 중재 전에 두 군간에 관절위치감각 수준에 차이는 없었으나, 중재 5일후와 중재 10일후에는 두 군간에 유의한 차이를 보였다( $p<.01$ ). 슬관절 신전에 대한 운동방법과 측정시점 간에 상호작용은 보이지 않았다.

#### 4. CPM군과 CAM군의 측정시점별 슬관절에 운동 감각 수준의 차이에 변화

측정시점에 따른 양측 슬관절에 운동감각 수준의 차이가 어떻게 변화되는가를 분석하였다(표 4).

굴곡 검사 시, CPM군과 CAM군 모두 중재 전, 중재 5일후와 10일후에 양측 슬관절의 운동감각에 차이값은 유의한 변화가 없었다. 중재전과 중재 5일후, 10일후에 두 군간에 굴곡에 대한 운동감각 수준의 차이는 없었다. 운동방법과 측정시점 간에는 상호작용이 나타나지 않았다.

신전 검사 시, CPM군과 CAM군 모두 중재전과 중

재 5일후, 10일후에 양측 슬관절에 운동감각의 차이값은 유의한 차이가 없었다. 측정시점간의 두 군간에 운동감각 수준에 차이는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 슬관절 신전에 대한 운동방법과 측정시점 간에 상호작용은 보이지 않았다.

#### 5. 측정시점별 두 군의 슬관절에 통증 수준과 관절가동범위의 변화

측정시점에 따른 슬관절에 통증 수준과 관절가동범위의 변화 차이가 어떻게 변화되는가를 분석하였다(표 5).

통증 수준 검사 시, CPM군과 CAM군 모두 중재 전, 중재 5일후와 10일후에 통증 수준에 차이는 유의한 변화가 나타났다( $p<.01$ ). 사후검정 결과, CPM군과 CAM군 모두 중재전과 중재 5일후, 10일후 간에 유의한 차이가 나타났다( $p<.01$ ). 측정 시점 간에 두 군간에 통증 수준에 차이는 없었다. 운동방법과 측정시점 간에는 상호작용이 나타나지 않았다.

관절가동범위 검사 시, CPM군과 CAM군 모두 중재 전, 중재 5일후와 10일후에 굴곡가동범위에서 유의한 변화가 나타났고( $p<.01$ ), 신전가동범위에서는 유의한

표 5 . 측정시점별 두 군의 슬관절에 통증 수준과 관절가동범위의 변화

		변수	중재전 <sup>a</sup>	중재 5일후 <sup>b</sup>	중재 10일후 <sup>c</sup>	F	post-hoc
통증 수준 <sup>+</sup>	CPM		52.00±8.94#	34.60±10.61	23.90±11.73	32.281**	a)b, c b)c
	CAM		60.20±13.01	37.10±13.43	26.30±12.00	53.409**	a)b, c b)c
	t		-1.642	-.462	-.452		
관절가 동범위 <sup>†</sup>	CPM	굴곡	92.00±3.50	102.00±7.53	114.50±9.27	51.220**	a(b, c b(c
	CAM	굴곡	86.20±5.73	103.40±9.59	113.50±7.09	65.332**	a(b, c b(c
	t		2.732*	-.363	.271		
	CPM	신전	-7.00±2.58	-4.00±2.11	-3.50±2.42	3.368	
	CAM	신전	-6.50±2.42	-5.00±.00	-4.50±1.58	1.714	
	t		-.447	1.500	1.095		

CPM: continuous passive motion, CAM: continuous active motion

#평균±표준편차, +단위: VAS(0~100mm), †단위: degree

\* $p<.05$ , \*\* $p<.01$



변화가 없었다. 사후검정 결과, CPM군과 CAM군 모두 중재전과 중재 5일후, 10일후 간에 유의한 차이가 나타났다( $p < .01$ ). 측정 시점간에 두 군간에 관절가동 범위의 차이에서는 굴곡범위에서 중재 전 두 군간에 유의한 차이가 발견되었고, 중재 5일후, 10일후에는 유의한 차이가 없었다. 운동방법과 측정시점 간에는 상호작용이 나타나지 않았다.

#### IV. 고찰

본 연구는 슬관절 전치환술을 시술 받은 20명의 환자를 대상으로 능동적운동과 수동적 운동을 수술 후 적용하였을 때 슬관절의 고유수용성감각의 변화와 통증, 관절가동범위에 어떠한 영향이 있는가를 연구하였다.

슬관절 전치환술은 연골과 십자인대를 제거하고, 부속물을 슬관절에 삽입하는 방식에 수술 방법이다. 슬관절을 덮고 있는 관절낭은 제거되지 않지만 수술에 의해 손상을 받게 된다. 슬관절 전치환술시 십자인대와 연골부분이 제거되는데, 이로 인하여 관절위치감각에 손상을 받을 수 있다. 그러나 관절위치감각에 가장 중요한 역할을 하는 것은 관절낭과 관절면 또는 인대보다는 근육이라는 연구가 있다(Gandevia 등, 1976). 관절의 위치감각은 말단 기관이 담당하는 중요한 기능 중 하나이며, 이러한 감각 정보는 피부나 근육, 건 그리고 관절 구조물에 위치한 기계적 수용기로부터 들어오는 감각으로 관절안정성(joint stability)에 중요한 역할을 한다(Bouët, 2000).

관절전치환술 후에 관절위치감각에 미치는 영향과 관련된 연구로, 고관절의 경우 고관절 전치환술 후의 관절위치감각의 변화에 대한 연구에서 관절염이 없는 군과 비교하였을 때 관절위치감각의 차이가 없다고 하였다(Grigg 등, 1973). Cross와 McCloskey(1973)는 중수지절관절 전치환술 후에 관절위치감각의 변화가 있었다고 명확히 설명할 수 없다고 하였다.

Scott 등(2000)은 슬관절 관절염 환자에서 관절위치감각이 감소되었다고 하였다. 그는 퇴행성 질환으로 인한 관절낭의 손상 또는 관절 주위 근육의 비사용으

로 인한 근위축으로 인해 관절위치감각의 결손이 나타났다고 하였다.

Ageberg 등(2007)은 관절 손상 후 피부, 근육, 건 그리고 관절을 이루는 구조들에 위치한 기계적수용기에서 오는 감각정보에 결손이 나타났다고 하였다. 이러한 감각정보의 결손은 관절의 안정성 유지에 중요한 역할을 하는데 방해한다고 하였다. 다른 연구에서도 관절전치환술 후 관절위치감각이 감소했다는 연구들이 발표되었다(Skinner 등, 1984).

본 연구의 결과에서는 비수술측과 수술측 슬관절간에 고유수용감각에 차이가 나타났다. 이는 수술 후 인대와 관절낭, 근육의 손상이 슬관절의 고유수용성감각에 영향을 준 것으로 생각되어진다.

수술 후 CPM의 사용은 관절내 부종과 통증을 감소시킨다고 한다. 이것은 지속적인 움직임이 관절에 작용함으로써 얻어지는 결과라는 할 수 있다(Pope, 1997; Colwell, 1992; Jordan, 1995). Bruun-Olsen 등(2009)은 슬관절 손상 후 초기 재활 과정에서 CPM의 적용은 입원기간의 단축과 초기 관절가동범위 증진에 도움을 줄 수 있다고 하였다. Milne 등(2003)은 58개의 연구를 메타 분석한 결과 능동적 운동과 관련하여 CPM의 추가적 효과에 관하여 연구하였는데, 그들은 CPM의 추가적 효과로써 수술 후 첫 2주 동안 굴곡 가동 범위가 빠르게 증가한다고 하였다. 그러나 일년후에는 두 군간 차이는 거의 없었다고 하였다. CPM에 대한 다른 연구들에서는 수술 후 1주차에서 관절가동범위에 대한 효과는 능동적 운동에 비해 효과가 없다고 하였다(Denise, 2006; Chiarello, 1997; Kumar, 1996; Beaupre, 2001). Bruun-Olsen 등(2009)은 슬관절 전치환술 후 제공되는 CPM이 수술 후 첫 주와 3달 후에 통증과 슬관절 관절가동범위, 보행능력에 대하여 능동적 움직임만을 적용했을 때와 비교했을 때 어떠한 긍정적인 효과가 없었다고 하였다.

본 연구에서는 CPM군과 CAM군 모두에서 수술 후 관절가동범위 증진에 유의한 효과가 있는 것으로 나타났다. 이것은 관절범위의 증진에서는 수동적운동과 능동적 운동이 유사하다고 할 수 있다고 생각되어진다.

능동적 운동에 대한 선행연구에서는 능동적 운동의 긍정적 효과에 대하여 언급한 연구가 있었다(Bartlett, 2002; Bouët, 2000; Lephart, 1996). 이들은 능동적 운동이 수동적 운동보다 고유수용성 회복에 도움이 된다고 하였다.

Banzer와 Neumann(1995)은 능동적 형태의 기능훈련의 이점에 대해 강조하였다. 그들은 능동적 기능훈련을 통해 신경근 시스템의 기능적 결손을 보상할 수 있다고 하였고, 기능적 훈련 시에 신경근의 통합이 먼저 선행되어야 하는데, 이것은 정상적인 고유수용감각 기전이 있어야 가능하다고 하였다. Hewett(2002)도 전십자인대 손상 또는 인대 재건술 후 재활 프로그램에서 기능적 신경근 훈련의 효과와 중요성을 강조하였다.

Fitzgerald 등(2000)은 전십자인대 손상 환자에게 고유수용감각을 증진시키기 위한 기능적 신경근 훈련이 중요하다고 강조하였다. 전십자인대 수술 후 일주일 동안 고유수용감각을 자극하기 위하여 능동적 움직임을 일으키는 기구를 사용하였을 때 관절위치감각의 증진에 도움을 줄 수 있고, 반대로 CPM은 기능적 자극치료에 제한이 있었다고 하였다. CAM 운동이 수술 후 초기 재활과정에서 고유수용감각 증진을 위해 성공적으로 이용할 수 있는 운동방법이라 하였다. 즉, CAM은 초기 단계의 기능적 훈련에 있어 근육의 활동성과 축진을 시킬 수 있는 운동방법이며, 근육내외의 협조성을 향상시키는데도 효과가 있었다고 하였다(Friemert, 2006). Scott 등(2000)은 견관절 전치환술 후에 고유수용성 감각이나 신경근 조절 훈련의 중요성에 대하여 주장하였다.

본 연구에서는 슬관절 전치환술 후 CAM군에서 고유수용감각의 차이값이 유의하게 감소되었다. 이는 선행 연구에서 제시하는 부분과 일치하였다. 본 연구에서 각도의 설정은 굴곡각도는 40도와 50도로 설정하였고, 신전각도는 20도와 30도로 설정하였다. 각도 설정은 선행논문에서 사용되었던 각도를 참고로 설정하였다.

Roberts 등(2000)은 고유수용성 감각을 측정하기 위해 수동운동인지검사를 이용하였는데, 이들의 연구방

법에서의 설정각도는 굴곡과 신전에서 20도와 40도로 설정하였다. Jerosch 등(1996)의 연구에서의 설정각도는 10, 15, 30, 35, 50, 60, 75, 80도로 설정하여 이용하였다. Skinner 등(1984)의 연구에서는 각도재현검사 시 슬관절 굴곡 90도 출발시점에서 신전방향으로 5~25도 사이의 설정각도를 사용하였다. 본 연구에서 신전설정각도를 20도로 설정하였는데 이 각도는 Skinner 등(1984)이 언급한 각도를 참고로 설정하였고, 30도 값은 Jerosch 등(1996)이 설정했던 각도를 참고로 적용하였다. 굴곡각도 설정 시에는 Jerosch 등(1996)이 언급한 각도 중에서 50도와 60도 값을 설정하여 본 연구에서 적용하였다. 설정각도를 다르게 표현한 것은 선행 연구에서 언급하였던 학습효과를 제거하기 위한 설정이었다.

연구에 대한 제한점은 표본의 수가 적었다는 점과 남녀 비율이 남자가 1명, 여성이 19명으로 여성에 치중되어졌다는 면이 있었다. 또한 중재기간이 수술 후 10일간으로 짧아 중재의 영향이나 효과를 기대하는데 부족함이 있었다. 향후 장기적인 기간의 중재를 적용하는 연구와 다양한 대상자들에게 이와 같은 주제의 연구가 이루어지길 기대한다.

## V. 결론

본 연구는 슬관절 전치환술을 받은 20명을 대상으로 수동적 연속 운동(CPM)과 능동적 연속 운동(CAM)의 영향을 비교하기 위해 중재전과 중재 5일후, 10일 후에 관절 고유수용감각과 통증 수준, 관절가동범위를 측정하여 그 변화 양상을 비교하였다. 본 연구의 결론은 다음과 같다.

1. 중재전 수술측과 비수술측 슬관절의 고유수용성 감각에 차이는 있었으나 통계적으로 유의하지는 않았다.
2. 양측 슬관절의 관절위치감각 수준의 차이는 굴곡 검사 시 측정시점에 따라 CAM군에서만 유의하게 감소되었다( $p<.05$ ). 신전 검사시 CAM군과

CPM군 모두 측정시점에 따라 양측 관절위치감각 수준은 유의한 차이가 나타나지 않았다.

3. 양측 슬관절에 운동감각 수준의 차이에 변화에서는 굴곡신전 검사 시 측정시점에 따른 두 군의 변화의 차이는 감소하였으나 유의성은 없었다.
4. 양측 슬관절에 통증 수준과 관절가동범위의 변화에서는 측정시점에 따른 통증수준에서는 두 군 모두 유의하게 감소되었다( $p<.01$ ). 측정시점에 따른 관절가동범위의 결과에서는 굴곡범위에서만 두 군 모두 유의하게 증가하였다( $p<.01$ ).

위의 결과로 CAM군이 CPM군 보다 관절위치감각 회복에 도움이 있었다고 할 수 있었지만, 통증의 감소나 관절가동범위의 증가에서는 두 군간에 차이를 보이지 않았다.

## 참고문헌

- Ageberg E, Flenhagen J, Ljung J. Test-retest reliability of knee kinesthesia in healthy adults. *BMC Musculoskelet Disord.* 2007;8:57.
- Banzer W, Neumann D. Open and closed kinetic chain in rehabilitation after athletic injuries. *Sportverletz Sportschaden.* 1995;9(3):98-100.
- Bartlett MJ, Warren PJ. Effect of warming up on knee proprioception before sporting activity. *Br J Sports Med.* 2002;36(2):132-134.
- Beaupré LA, Davies DM, Jones CA, Cinats JG. Exercise combined with continuous passive motion or slider board therapy compared with exercise only: A randomized controlled trial of patients following total knee arthroplasty. *Phys Ther.* 2001;81(4):1029-1037.
- Bouët V, Gahéry Y. Muscular exercise improves knee position sense in humans. *Neurosci Lett.* 2000;289(2):143-146.
- Bruun-Olsen V, Heiberg KE, Mengshoel AM. Continuous passive motion as an adjunct to active exercise in early rehabilitation following total knee arthroplasty- A randomized controlled trial. *Disabil Rehabil.* 2009;31(4):277-283.
- Callaghan MJ, Selfe J, Bagley PJ, Oldham JA. The effects of patellar taping on knee joint proprioception. *J Athl Train.* 2002;37(1):19-24.
- Chiarello CM, Gundersen L, O'Halloran T. The effect of continuous passive motion duration and increment on range of motion in total knee arthroplasty patients. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1997;25(2):119-127.
- Colwell CW Jr, Morris BA. The influence of continuous passive motion on the results of total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1992;(276):225-228.
- Cross MJ, McCloskey DI. Position sense following surgical removal of joints in man. *Brain Res.* 1973;55(2):443-445.
- Denis M, Moffet H, Caron F, Ouellet D, Paquet J, Nolet L. Effectiveness of continuous passive motion and conventional physical therapy after total knee arthroplasty: A randomized clinical trial. *Phys Ther.* 2006;86(2):174-185.
- Fitzgerald GK, Axe MJ, Snyder-Mackler L. The efficacy of perturbation training in nonoperative anterior cruciate ligament rehabilitation programs for physical active individuals. *Phys Ther.* 2000;80(2):128-140.
- Friemert B, Bach C, Schwarz W, Gerngross H, Schmidt R. Benefits of active motion for joint position sense. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14(6):564-570.
- Gandevia SC, McCloskey DI. Joint sense, muscle sense and their combination as position sense measured at the distal interphalangeal joint of the middle finger. *J Physiol.* 1976;260(2):387-407.
- Grigg P, Fineman GA, Riley LH. Joint position sense af-

- ter total hip replacement. *J Bone Joint Surg Am.* 1973;55(5):1016-1025.
- Halata Z, Wagner C, Baumann KI. Sensory nerve endings in the anterior cruciate ligament (Lig. cruciatum anterius) of sheep. *Anat Rec.* 1999;254(1):13-21.
- Haus J, Halata Z, Refior HJ. Proprioception in the anterior cruciate ligament of the human knee joint-morphological bases. A light, scanning and transmission electron microscopy study. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 1992;130(6):484-494.
- Hewett TE, Paterno MV, Myer GD. Strategies for enhancing proprioception and neuromuscular control of the knee. *Clin Orthop Relat Res.* 2002;(402):76-94.
- Hewitt BA, Refshauge KM, Kilbreath SL. Kinesthesia at the knee: The effect of osteoarthritis and bandage application. *Arthritis Rheum.* 2002;47(5):479-483.
- Jerosch J, Prymka M. Knee joint proprioception in normal volunteers and patients with anterior cruciate ligament tears, taking special account of the effect of a knee bandage. *Arch Orthop Trauma Surg.* 1996;115(3-4):162-166.
- Jordan LR, Siegel JL, Olivo JL. Early flexion routine. An alternative method of continuous passive motion. *Clin Orthop Relat Res.* 1995;(315):231-233.
- Kumar PJ, McPherson EJ, Dorr LD, Wan Z, Baldwin K. Rehabilitation after total knee arthroplasty: A comparison of 2 rehabilitation techniques. *Clin Orthop Relat Res.* 1996;331:93-101.
- Lephart SM, Giraldo JL, Borsa PA, Fu FH. Knee joint proprioception: A comparison between female intercollegiate gymnasts and controls. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1996;4(2):121-124.
- Lephart SM, Pincivero DM, Giraldo JL, Fu FH. The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. *Am J Sports Med.* 1997;25(1):130-137.
- Lord SR, Clark RD, Webster IW. Postural stability and associated physiological factors in a population of aged persons. *J Gerontol.* 1991;46(3):M69-76.
- Matthews PB. Where does Sherrington's "muscular sense" originate? Muscles, joints, corollary discharges? *Annu Rev Neurosci.* 1982;5:189-218.
- Milne S, Brosseau L, Robinson V, Noel MJ, Davis J, Drouin H, Wells G, Tugwell P. Continuous passive motion following total knee arthroplasty. Review. *Cochrane Database Syst Rev.* 2003;(2):CD004260.
- Noble PC, Gordon MJ, Weiss JM, Reddix RN, Condit MA, Mathis KB. Does total knee replacement restore normal knee function? *Clin Orthop Relat Res.* 2005;(431):157-165.
- Pope RO, Corcoran S, McCaul K, Howie DW. Continuous passive motion after primary total knee arthroplasty. Does it offer any benefits? *J Bone Joint Surg Br.* 1997;79(6):914-917.
- Riemann BL, Lephart SM. The sensorimotor system, part I: The physiologic basis of functional joint stability. *J Athl Train.* 2002;37(1):71-79.
- Roberts D, Fridén T, Stomberg A, Lindstrand A, Moritz U. Bilateral proprioceptive defects in patients with a unilateral anterior cruciate ligament reconstruction: A comparison between patients and healthy individuals. *J Orthop Res.* 2000;18(4):565-571.
- Scott M, Lephart, Freddie H. FU. Proprioception and Neuromuscular control in joint stability. *Human kinetics.* 2000; X V - X X IV.
- Skinner HB, Barrack RL, Cook SD, Haddad RJ Jr. Joint position sense in total knee arthroplasty. *J Orthop Res.* 1984;1:276-283.