

# 무릎 반월판 절제술 후 신경근 조절 운동이 안쪽빗넓은근의 근활성에 미치는 영향 : 단일사례연구

김기철<sup>1)</sup>, 서현규<sup>1)</sup>

대구보건대학교 물리치료과<sup>1)</sup>

## The Effect of Neuro-Muscular Control Training on Vastus Medialis Oblique Activity After Menisectomy of Knee : Case Study

Gi-chul Kim<sup>1)</sup>, Hyun-kyu Seo<sup>1)</sup>

Dept. of Physical Therapy, Daegu Health College<sup>1)</sup>

### Key Words:

Menisectomy, Neuromuscular control, Vastus medialis oblique

### ABSTRACT

**Background:** The purpose of this study is to identify effects of neuro-muscular control training on vastus medialis oblique (VMO) after menisectomy of the knee. **Methods:** The subjects of this study are women aged 42 and 39 each who did menisectomy. Case 1 was applied quadriceps setting exercise and neuro-muscular control training and case 2 was applied quadriceps setting. Intervention was done 5 times a week for 2 weeks. Measurement of muscle activity on VMO and vastus lateralis (VL) was standardized signals of each muscle to %RVC using surface EMG. **Results:** On comparison of exercise before and after on VMO and VL, VL activation of case 2 was increased more than case 1. **Conclusion:** Quadriceps-setting exercise and selective neuro-muscular control training of VMO is effective intervention on VMO activity and muscle activity ratio of VMO to VL.

## I. 서론

경제 성장과 더불어 신체적인 건강과 삶의 질의 중요성이 증가하여 스포츠 활동을 즐기는 인구가 급격하게 늘고 더불어 스포츠 손상의 발생 빈도가 높아지고 있다(Brotzman과 Manske, 2012). 무릎관절은 스포츠 활동에 있어 가장 많은 부상이 발생하는 관절로, 전체 근골격계 손상 중 약 14~16%를 차지하고 있으며, 다른 관절보다 무릎관절의 손상은 일상생활 활동에 더 많은 장애를 유발한다(Baker 등, 1985).

반월판(meniscus)은 관절연골 보호에 중요한 구조물이지만, 해부학적으로 불안정한 구조를 이루고 있기 때문에 스포츠 및 여가 활동으로 외상에 의한 반월판의 파열이 운동선수뿐만 아니라 일반인들에게서도 흔히 볼 수 있다(고해석 등, 2003). 반월판의 일차적인 기능은 정강뼈다리 관절의 압박스트레스 감소, 관절의 안정성,

관절연골에 대한 윤활제 역할, 마찰력 감소 및 충격 흡수라 할 수 있다(Neumann, 2010). 반월판의 기능이 소실되면 무릎관절의 변형, 정강뼈다리 관절면의 연골조직의 파열, 앞십자인대의 기능저하 및 넓다리네갈래근의 근력약화가 나타나고, 임상적 증상, 징후 및 파열의 동반 손상의 유무에 따라 다양한 치료방법이 제시되고 있다(Neyret 등, 1994).

반월판 절제술(menisectomy)을 시행한 경우 무릎관절의 회복이 빠르며, 수술에 의한 이환율이 낮고, 입원 기간 단축 등의 장점이 있다(Bergström, 1984). 무릎관절 주위근육 중에서 가장 중요시 되는 근육은 넓다리네갈래근으로써(Soderberg와 Cook, 1983), 무릎 부위의 재활치료에 있어 넓다리네갈래근, 특히 안쪽빗넓은근(vastus medialis oblique; VMO)의 선택적 강화가 임상적으로 중요시 여겨져 왔고, 반월판연골 손상 후 닫힌 사슬운동(closed kinetic chain exercise)을 통한 효과적인 근육강화의 중요성이 강조되어 왔다(Grood 등, 1984). 안쪽빗넓은근은 안쪽 지지대로서 생리학적으로 가장 약하고 근 약화가 가장 먼저 나타난다. 이러한

교신저자: 서현규 (대구보건대학교, shk8275@hanmail.net)  
 논문접수일: 2014.04.12, 논문수정일: 2014.04.28,  
 게재확정일: 2014.05.09

약화는 넙다리네갈래근의 근력 발달 균형을 깰 뿐 아니라 무릎관절 펴기 가쪽 지지대 힘에 대응하여 안쪽으로 당기는 힘을 줄어들게 하여 무릎뼈 아탈구의 원인으로 작용하게 된다(Salvadeo 등, 2013).

안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근 간의 근력의 불균형은 기능적으로 잘못된 동작의 반복에 의해 정강넙다리 관절의 만성 통증을 유발시키고 운동수행 능력을 저하시키므로 올바른 무릎뼈의 정렬을 위하여 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성비의 균형 및 안정성을 확보하는 것은 매우 중요하다(Lam와 Ng, 2001). 특히 무릎 손상 후 넙다리네갈래근 중 안쪽빗넓은근의 기능 강화는 반드시 필요하다고 여겨지고 있으며(Schmitt와 Mittelmeier, 1978), 무릎관절 운동제한 후 반월판 연골의 위축과 교원 섬유의 감소가 나타나는 것을 관찰하여 조기 운동의 중요성을 강조하고 있다(Brotzman과 Manske, 2012).

인체의 운동조절에서 감각계와 운동계를 분리하는 것은 불가능하다고 하여 감각운동계(sensorimotor system)라는 용어를 사용하였으며(Bullock-Saxton, 1993), 감각운동계를 통하여 신체의 움직임을 인지하고 중추신경계 안에서 입력된 정보를 통합시켜 근골격계가 적절하게 반응하도록 하는 복잡한 과정으로 정상적인 균형은 최소한의 자세 흔들림 속에서 신체의 무게 중심을 유지하는 능력으로 정의되며 자세조절은 감각정보와 운동의 상호 균형 속에서 이루어진다(Shumway-Cook, 2012). 하지만 현재까지 반월판 절제술 후 조기 재활프로그램에 대해서는 일정하게 정해진 프로토콜 없이 상당히 다양한 방법들로 광범위한 내용들을 담고 있다(Quinby 등, 2006).

선행 연구에서는 넙다리네갈래근의 조기 재활의 필요성을 강조하고 있지만, 넙다리네갈래근의 기능강화 프로그램에 관한 연구는 아직 부족한 실정이다. 따라서 본 사례 논문은 반월판 절제술 후 넙다리네갈래근 중에 안쪽빗넓은근의 선택적인 신경근 조절 운동의 적용에 따른 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성 및 근활성비의 균형에 미치는 영향을 비교 분석함으로써 조기에 시행하는 신경근 조절 운동의 효과를 입증하여 조기에 시행하는 신경근 조절 운동의 필요성을 제시하고자 본 연구를 시행하게 되었다.

본 연구의 대상은 대구소재 H병원에서 방사선영상 및 관절경 검사에서 내측 반월판 파열(medial meniscus tear)을 진단 받은 42세와 39세의 여성 환자를 대상으로, 연골 절제술 시행 후 3일이 경과한 상태에서 시행하였다(Table 1).

## 2. 측정도구 및 측정방법

### 1) 측정도구

측정도구는 표면근전도(Myosystem DTS, Noraxon, USA)의 무선 8채널 근전도를 사용하였으며, 근 활성화도는 운동 전 및 운동 후에 각각 측정하였다.

자료처리는 수집된 근전도 아날로그 신호를 Myosystem DTS로 보내서 디지털신호로 저장 후 MyoResearch XP 1.72 소프트웨어를 사용하여 필터링과 잡음제거를 위해 60Hz로 노치필터(notch filter)한 다음 신호처리 하여 저장되고 분석되었다(김기철, 2013).

### 2) 측정 방법

근전도 측정은 전극부착을 위하여 측정부위의 노출이 쉬운 옷으로 갈아입고, 측정부위를 제모 후에 알코올로 피부를 소독한 다음 전극을 환측의 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근에 부착하였다. 안쪽빗넓은근에 대한 전극의 부착은 무릎뼈의 위안쪽 가장자리에서 위쪽으로 4cm, 안쪽으로 3cm 부위로 넙다리뼈에 대해 55도의 각을 이루도록 부착하였으며, 가쪽넓은근에 대한 전극의 부착은 무릎뼈의 위쪽 가장자리에서 위쪽으로 10cm, 가쪽으로 7cm 부위로 하여 넙다리뼈에 대해 55도의 각을 이루도록 부착하였다(Cowan 등, 2001)(Fig 1). 대상자는 휠체어에 앉은 자세에서 체간을 바르게 세우도록 통제하였고 손은 휠체어를 잡지 못하도록 팔짱을 끼도록 하였다. 개개인의 차이가 결과에 영향을 미칠 수 있으므로, 모든 운동에서 얻은 값은 휠체어에 앉은 자세에서 엉덩관절을 90도로 하여 체간을 고정하고, 발목관절 발등굽힘을 유지하고 그 상태로 무릎관절을 최대한 펴 상태를 유지하고 근 활성도를 측정하였다. 근 활성도를 정량화 하는 방법은 특정동작 기준수축 값(reference voluntary contraction; RVC)값을 사용하였다. 이러한 특정 동작에 대한 기준수축 값은 최대 수축 값(maximal voluntary contraction; MVC)에 비해 신뢰도가 높다고 하였으며(Cram, 2005), 최대수축의 제한이 있는 환자에게 최대수축 값을 사용하지 않는다고 하였다(Bolgia와 Keskula, 1997).

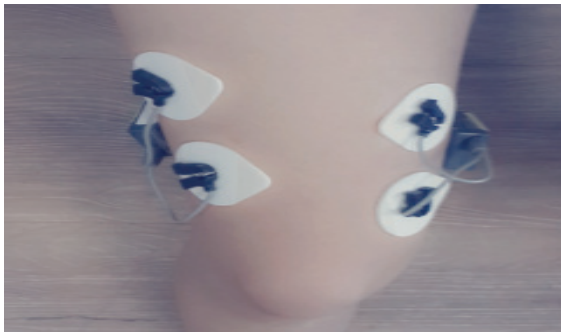
## II. 연구방법

### 1. 연구대상자

**Table 1.** General Characteristic of Subjects

	Name	Sex	Age	Height/Weight	Operation
Case 1	Kim, 00	female	42	165/56	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arthroscopic Meniscectomy for MM(80% saved)</li> <li>• Debridement of osteochodraldiscanss</li> <li>• Synovectomy</li> </ul>
Case 2	Park, 00	female	39	167/54	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arthroscopic Meniscectomy for MM(80% saved)</li> <li>• Debridement of osteochodraldiscanss</li> <li>• Synovectomy</li> </ul>

본 연구에서는 수술 3일 후에 측정하였으므로 최대 수축값 사용에는 무리가 있어 특정 동작 기준수축 값을 사용하였으며, 이를 기준으로 삼아 표준화하는 %RVC방법을 사용하였다(Cram, 2005). %RVC는 휠체어에 앉은 상태에서 무릎관절을 통증이 없는 범위에서 최대 수축상태를 5초간 지속하게 하여 편 상태에서의 등척성 수축(Isometric Contraction)에 대한 값으로서 적분근전도(integrated electromyograph; IEMG)값을 구하고, 적분근전도 값과 RVC-적분근전도 값을 비교하여 %RVC로 각 근육의 근전도 신호를 표준화하였다.



**Fig 1.** Electrodes attachment site of vastus medialis oblique and vastus lateralis

**3. 중재 방법**

본 연구에서 운동치료적 중재는 사례 1과 사례 2로 나누어 사례 1에는 기본적인 물리치료, 넙다리네갈래근 강화운동(Q-setting exercise) 및 토구를 활용한 신경근 조절 운동을 적용시켰고, 사례 2에는 기본적인 물리치료와 넙다리네갈래근의 강화운동을 적용하였다.

실험기간은 2013년 6월 28일~2013년 7월 12일까지 입원 기간 중의 운동과 퇴원 후의 운동프로그램으로 구성하여 실시하였고, 주 5회 운동 처방을 내렸다.

**1) 운동방법**



(a) 넙다리네갈래근 강화운동

바로누운자세에서 준비해둔 수건을 무릎 아래에 무릎이 15~20도 살짝 구부러지게 아래에 받친다. 그 상태에서 무릎을 수건 쪽을 향해 누르는데 이 때, 엉덩이가 들리지 않게 주의하며 발목관절 발등굽힘을 시킨 상태에서 무릎관절 펴를 시켜준다. 5초간 유지하고 30회를 1세트로 3회 실행한다(Table 2).

(b) 안쪽빗넓은근의 신경근 조절 운동

골반보다 조금 낮은 테이블 위에 걸터앉은 자세에서 운동하고자 하는 다리의 무릎보다 10~15 cm 앞쪽에 토구를 놓고, 반대다리의 발은 무릎보다 뒤쪽에 위치시킨다. 운동하고자 하는 다리쪽 발을 토구위에 올리고 허리를 편 상태에서 상체를 앞으로 살짝 굽히며, 운동하고자 하는 다리에 체중을 실어 무릎을 살짝 구부린다. 운동하는 다리의 반대쪽에 고정해둔 탄력밴드를 운동하지 않는 다리의 손으로 탄력밴드를 잡고, 운동하는 다리쪽으로 당긴다. 5초간 유지하고 20회를 한세트로 3회 실행한다(Table 2).

**Table 2.** Exercise program

Program	Repetition/Set	Exercise
Q-setting exercise	30 rep/ 3 set	
Vastus medialis oblique neuromuscular control training	20 rep/ 3 set	

### III. 결 과

#### 1. 연구결과

반월판 절제술 시행 후 2주간 Q-setting과 안쪽빗넓은근의 감각-통합훈련을 실시한 사례 1과 Q-setting만 실시한 사례 2의 결과는 다음과 같다(Table 3)(Fig 2).

안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근에 대한 운동 전-후의 근활성의 비교에서 가쪽넓은근은 사례 1에서 운동 전 141에서 운동 후 146.20으로 증가하였으며, 사례 2에서는 123에서 137로 증가하였다. 결과적으로 가쪽넓은근은 사례 2에서 운동 전-후의 차이값이 14이며, 사례 1에서 운동 전-후의 차이값 5.2로 가쪽넓은근의 근활성이 증가됨을 확인할 수 있었다. 안쪽빗넓은근은 사례 1에서 64.80에서 82.40으로 증가하였으며, 사례 2에서는 72.50에서 75.40으로 증가하였다. 결과적으로 안쪽빗넓은근은 사례 1에서 운동 전-후의 차이값이 17.6로 나타났으며, 사례 2에서 운동 전-후의 차이값이 2.9로 사례 2에 비해서 사례 1의 안쪽빗넓은근에 대한 근활성이 증가됨을 확인할 수 있었다(Table 3)(Fig 2).

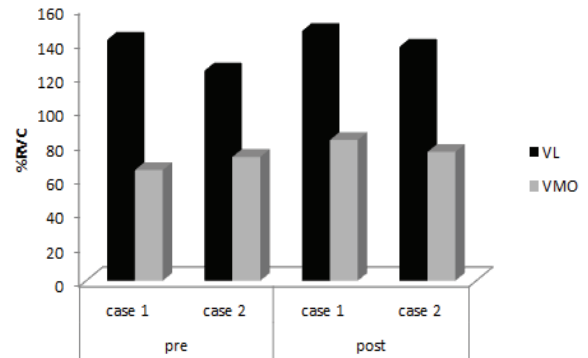
가쪽넓은근에 대한 안쪽빗넓은근의 근활성비는 사례 1에서 운동 전 .45에서 운동 후 .56으로 .11의 증가가 나타났으며, 사례 2에서 운동 전 .58에서 운동 후 .56으로 변화가 나타나지 않았다(Table 3)(Fig 3).

따라서 넓다리네갈래근 강화운동과 안쪽빗넓은근의 감각-통합 훈련을 시행한 사례 1에서 안쪽빗넓은근의 근활성 및 가쪽넓은근에 대한 안쪽빗넓은근의 근활성비 균형에 효과적인 중재임을 확인할 수 있었다.

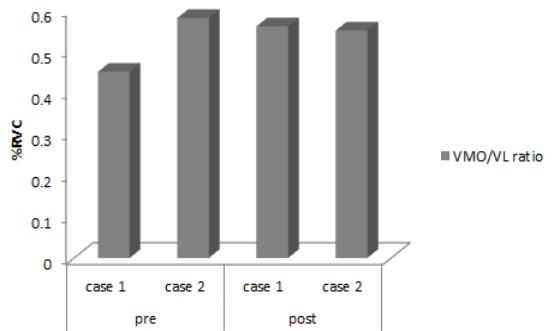
**Table 3.** Comparison of the vastus medialis oblique and vastus lateralis activation in each case according to exercise (Unit : %RVC)

Muscles	Pre		Post	
	case 1	case 2	case 1	case 2
VL <sup>a</sup>	141	123	146.20	137
VMO <sup>b</sup>	64.80	72.50	82.40	75.40
VMO/VL ratio	.45	.58	.56	.55

<sup>a</sup>Vastus lateralis, <sup>b</sup>Vastus medialis oblique



**Fig 2.** Change of the VMO & VL activation in before and after exercise



**Fig 3.** Change of the VMO/VL ratio in before and after exercise

### IV. 고 찰

본 연구는 무릎관절 반월판 절제술로 인해 나타나는 하지 근력의 약화 요인에서 넓다리네갈래근 중 무용성 위축이 발생하는 안쪽빗넓은근에 대해 신경근 조절 운동을 조기에 시행했을 때 안쪽빗넓은근의 근활성 및 가쪽넓은근과의 근활성비에 미치는 영향을 분석하여 그 효과를 입증하는데 그 목적이 있다.

반월판연골 손상의 빈도는 가쪽반월판력에 의한 내측 반월판 연골이 가쪽 반월판연골 손상 빈도보다 더 높으며(김종만, 2004), 남자의 경우 연령이 적을수록 반월판 연골 파열의 빈도가 높았고, 여자의 경우 연령이 많을수록 반월판 연골 파열의 빈도가 높은 것으로 보고 하였다(고해석 등, 2003). 반월판 연골이 파열된 상태로 오래 지속되거나 내측부의 하중을 지탱할 수 없는 상태가 되면 골관절염(osteoarthritis)의 위험에 쉽게 노출되는 것으로 보고된 바가 있어, 반월판연골의 기능이

소실된다면 뼈관절염이 발생할 수 있을 것이다(Neyret 등, 1994).

반월판 절제술 후 무릎의 폼 능력이 줄어들고, 근육 약화로 인해 운동섬유의 반사를 억제되는 결과가 발생된다(Hopkins 등, 2001). 넓다리네갈래근의 약화는 수술 후 재활 프로그램의 중재를 계획하는데 있어서 중요한 고려사항이 되며(Lucca와 Recchiuti, 1983), 넓다리네갈래근의 근력과 무릎 수술 후 무릎의 기능적 안정성 사이에 존재하는 강한 상관관계로 인해 넓다리네갈래근의 기능적 개선은 정상적인 관절 운동을 위해 필요하며, 넓다리네갈래근 강화 운동은 보존적 치료와 무릎의 수술 후 재활 프로토콜 모두에서 중요하다(Keays 등, 2001; Lewek 등, 2002). 최근에는 반월판 절제술 후 재활에 관한 기존의 일반적인 방법이나 극단적인 가속화 재활방법에서 벗어나 처음 4주간 부분적으로 체중부하를 실시하여 점진적으로 증가시켜 나가며, 관절가동범위는 절제술 후 이틀날부터 무릎관절의 가동범위를 90도까지 허용하는 등 절제술 후 초기에 재활운동을 시행하고 있는 추세이며(Ahn 등, 2010), 신경근 조절 운동이 재활 및 예방뿐만 아니라 운동수행 특히, 근력 향상에 적용되어지고 있는 추세이다(Lewek 등, 2002).

본 연구의 대상은 반월판 절제술 시행 후 3일이 경과한 여성 환자 2명을 대상으로 재활 운동 프로그램을 실시한 두 그룹을 사례 1과 사례 2로 나누어 운동시켰다. 앉은 자세에서 엉덩관절 90도 무릎관절 90도 상태에서 무릎관절 최대 폼으로 최대 수의적 근 수축시켜 EMG 조기 측정 후 64.80%RVC 결과 값과 신경근 조절 운동을 2주간 운동시킨 후 82.40 %RVC 결과 값이 나타났다. 운동 전, 후 측정을 비교하였을 때, 넓다리네갈래근은 강화되었으나, VMO/VL 비에 대한 결과에서는 사례 2와 사례 1에서 차이가 나타났다.

사례 2와 사례 1의 운동 2주 후 근활성을 비교하였을 때, 사례 2의 가쪽넓은근의 값은 증가하였지만, 안쪽넓은근의 값은 사례 1이 사례 2에 비해 높았으며, 사례 1의 측정 결과가 가쪽넓은근 보다 안쪽넓은근의 증가가 더 높게 나타났다.

Kirnap 등(2005)의 연구에서는 반월판 절제술을 시행한 40명의 남성 환자들을 대상으로 바이오피드백 그룹과 통제그룹 두 개로 나누어 바이오피드백 그룹에는 일반적인 기존 운동 프로그램에 EMG를 활용한 바이오피드백 응용 프로그램을 추가하였고, 통제그룹에는 일반적인 기존 운동 프로그램을 실시하여 6주간 안쪽넓은근 및 가쪽넓은근의 근활성을 측정하였다. 연구 결과 절제술 3일 후 바이오피드백 훈련을 통한 재활 운동하였을 때 수술 후 3~14일에 증가를 보였고 14~6주에

미세한 증가를 보였다. 근전도를 활용한 바이오피드백 훈련을 통해 근육의 전기적 활성화도 및 근 긴장도의 양을 시각적으로 환자에게 제공함으로 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 신경근 불균형을 조절한다고 하였고, 효과 또한 입증 되었지만 운동의 보편성이라는 측면에서는 한계가 있으며, 지속적인 중재가 요구되는 운동치료의 특성상 장비의 특수성으로 인해 현실적으로 사용하기에는 한계가 있다고 할 수 있다. 본 연구에서 수술 후 2주간 신경근 조절 운동을 시켰을 때 안쪽넓은근의 근활성 및 가쪽넓은근에 대한 안쪽넓은근의 근활성비에 효과적인 중재임을 알 수 있었다.

임창훈(2012)에 의하면 앞십자인대 재건술 6주 후 토구를 이용한 감각운동훈련 프로그램의 효과에 대해 알아보려고 하였고, 이에 토구를 이용한 실험군과 토구를 사용하지 않은 대조군으로 나눠서 한 결과 실험군에서 넓다리네갈래근의 근활성도가 평균적으로 더 높게 나타났으며, 균형능력의 경우에는 실험군은 통계적으로 유의하게 나타났지만 대조군은 유의하지 않았다. 이 와 같은 결과로 볼 때 앞십자인대 재건술 후 무릎관절 안정성 증진을 위한 운동 시 고정된 표면에서의 운동보다 토구를 이용한 불안정한 표면에서의 감각-운동훈련을 적용하는 것이 효과적인 것으로 생각된다. 본 연구에서도 조기에 시행하는 신경근 조절 운동이 효과를 보였다. 본 연구의 제한점은 많은 사람을 대상으로 하지 못하였으며, 운동기간 동안 대상자를 완전히 통제하지 못한 점들이 제한점이었다.

본 연구를 통해서 반월판 절제술 후 신경근 조절 운동의 적용이 근기능 향상에 관한 중재적 방법으로서 효과적인 것으로 사료된다.

## V. 결 론

본 연구의 목적은 조기에 시행하는 안쪽넓은근에 대한 신경근 조절 운동이 무릎관절 반월판 절제술 환자의 근활성 및 근활성비의 균형에 미치는 영향에 대해서 알아보는 것이었다. 반월판 절제술 후 사례 1과 사례 2로 나눠서 2주간 실시하였고, 사례 1에서는 Q-setting과 신경근 조절 운동을 사례 2는 Q-setting만 실시하였다. 사례 1과 사례 2에서 가쪽넓은근과 안쪽넓은근에서 모두 근활성의 개선에 효과적이었으며, 사례 1에서 사례 2보다 안쪽넓은근에서 유의한 효과 있는 것으로 나타났다.

따라서 본 사례 연구에서 기존에 시행하던 반월판 절제술 후 Q-setting에만 의존하는 중재보다 안쪽넓은



은근에 대한 신경근 조절 운동을 동시에 적용 하였을 때, 무릎관절의 기능에 중요한 역할을 수행하는 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근 활성비의 균형에 효과적인 중재임을 알 수 있었다.

따라서, 반월판 절제술 후 최대보호기의 중재기간에 안쪽빗넓은근에 대한 선택적 신경근 조절 운동을 포함 하는 것이 효과적이라고 사료된다.

## 참고문헌

고해석, 정진영, 최남용, 등. 슬관절 반월상연골 낭종. 대한슬관절학회. 2003;15(2):125-131.

김기철. 시각적 피드백 스쿼트가 슬개대퇴 통증 증후군이 있는 젊은 성인의 하지정렬 및 근기능에 미치는 영향. 대구대학교대학원. 박사학위논문. 2013.

김종만. 근골격계의 기능해부 및 운동학. 정담미디어. 서울. 2004.

임창훈. 앞십자인대 재건술 후 토구를 이용한 불안정한 표면에서 운동과 안정된 표면에서 운동 시 하지 근활성도와 균형의 비교. 대한물리의학회. 2012;7(3): 251-258.

Ahn JH, Lee YS, Yoo JC, et al. Results of arthroscopic all-inside repair for lateral meniscus root tear in patients undergoing concomitant anterior cruciate ligament reconstruction. Arthroscopy. 2010;26(1): 67-75.

Baker BE, Peckham AC, Pupparo F, et al. Review of meniscal injury and associated sports. Am J Sports Med. 1985;13(1):1-4.

Bergström R, Gillquist J, Lysholm J, et al. Arthroscopy of the knee in children. J Pediatr Orthop. 1984;4(5): 542-545.

Bolgia LA, Keskula DR. Reliability of lower extremity functional performance tests. J Orthop Sports Phys Ther. 1997;26(3):138-142.

Brotzman SB, Manske RC. Clinical Orthopaedic Rehabilitation: An Evidence-Based Approach. 2nd ed. Mosby;St louis, Mo, Elsevier. 2012.

Bullock-Saxton JE, Janda V, Bullock MI. Reflex activation of gluteal muscles in walking. An approach to restoration of muscle function for patients with low-back pain. Spine. 1993

;18(6):704-708.

Cowan SM, Bennell KL, Hodges PW, et al. Delayed onset of electromyographic activity of vastus medialis obliquus relative to vastus lateralis in subjects with patellofemoral pain syndrome. Arch Phys Med Rehabil. 2001;82(2):183-189.

Cram JR. Cram's introduction to Surface Electromyography. 2nd ed. Canada. Jones and Battlett Publishers. 2005.

Good ES, Suntay WJ, Noyes FR, et al. Biomechanics of the knee-extension exercise. Effect of cutting the anterior cruciate ligament. J Bone Joint Surg Am. 1984;66(5):725-734.

Hopkins JT, Ingersoll CD, Krause BA et al. Effect of knee joint effusion on quadriceps and soleus motoneuron pool excitability. Med Sci Sports Exerc. 2001;33(1):123-126.

Keays SL1, Bullock-Saxton J, Keays AC, et al. Muscle strength and function before and after anterior cruciate ligament reconstruction using semitendo-nosus and gracilis. Knee. 2001;8(3):229-34.

Kirnap M, Calis M, Turgut AO, et al. The efficacy of EMG-biofeedback training on quadriceps muscle strength in patients after arthroscopic meniscectomy. N Z Med J. 2005;28;118(1224):U1704.

Lam PL,, Ng GY. Activation of the quadriceps muscle during semisquatting with different hip and knee positions in patients with anterior knee pain. Am J Phys Med Rehabil. 2001;80(11):804-808.

Lewek M, Rudolph K, Axe M, et al. The effect of insufficient quadriceps strength on gait after anterior cruciate ligament reconstruction. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2002;17(1):56-63.

Lucca JA, Recchiuti SJ. Effect of electromyographic biofeedback on an isometric strengthening program. Phys Ther. 1983;63(2):200-203.

Neumann DA. Kinesiology of the Musculoskeletal System; Foundation for Rehabilitation. 2nd ed. London. Mosby. 2010.

Neyret P, Donell ST, Dejour H. Osteoarthritis of the

- knee following meniscectomy. *Br J Rheumatol.* 1994;33(3):267-268.
- Quinby JS, Golish SR, Hart JA, et al. All-inside meniscal repair using a new flexible, tensionable device. *Am J Sports Med.* 2006;34(8):1281-1286.
- Salvadego D, Domenis R, Lazzer S. Skeletal muscle oxidative function in vivo and ex vivo in athletes with marked hypertrophy from resistance training. *J Appl Physiol.* 2013;114(11):1527-1535.
- Schmitt O, Mittelmeier H. The biomechanical significance of the vastus medialis and lateralis muscles (author's transl). *Arch Orthop Trauma Surg.* 1978;91(4):291-295.
- Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Motor control: Translating Research into Clinical Practice.* 4th ed. Baltimore. Williams & Wilkins. 2012.
- Soderberg GL, Cook TM. An electromyographic analysis of quadriceps femoris muscle setting and straight leg raising. *Phys Ther.* 1983;63(9):1434-1438.