

# 반대측 고관절의 등척성 내전운동이 대퇴사두근의 등척성수축 근전도 활성화도에 미치는 영향

대구대학교 대학원 재활과학과

이운섭

삼성서울병원 물리치료실

심영헌

대구대학교 대학원 재활과학과

임창훈, 김명철, 신형수, 박은세

대구대학교 재활과학대학 물리치료학과

김진상

## The effect of Electromyographic activity of knee extensor during contralateral hip isometric adduction

Lee, Yun-seob, P.T., M.S.

*Department of Rehabilitaton Science graduate school, Taegu University,*

Sim, Young-heon, P.T.

*Department of physical therapy, samsung medical center,*

Lim, Chang-hun, P.T., M.S., Kim, Myung-cheol, P.T., M.S.,

Sin, Hyung-soo, P.T., M.S., Park, Eun-se, P.T., B.S.

*Department of Rehabilitaton Science graduate school, Taegu University,*

Kim, Jin-sang, D.V.M., Ph.D.

*Department of Physical Therapy of Rehabilitaton Science , Taegu University*

### <abstract>

This study was deigned to identify the effect of electromyographic activity of knee extensor during contralateral hip isometric adduction. six young adults who had not experienced any knee injuries were recruited. Their Q-angles were within a normal rage. They were asked to sit on the table. The EMG activities of the vastus lateralis (VL), vastus medialis oblique (VMO) were recorded in sitting by surface electrodes and normalized by MVC EMG values derived from manual muscle test. The EMG activity levels of the VL, RF, and VMO were the highest when foot was externally rotated. The EMG activity level of VMO/VL ratio did show significant differences( $p<.05$ ). The onset time of vastus lateralis (VL) and vastus medialis oblique (VMO) was similar in contralateral hip isometric adduction( $p<.05$ ).

key wors : quadriceps femoris, Electromyography, contralateral hip isometric adduction

## I. 서론

하지 근육들 중 대퇴사두근(quadriceps femoris)은 서있는 자세에서나 보행 시 하지의, 특히 슬관절의 안정성을 제공하는데 매우 중요한 근육이며 대퇴사두근의 강화 운동은 무릎 손상 및 장애 환자들의 치료에 매우 중요하게 여겨져 왔다(Karst와 Jewett, 1993). 이러한 대퇴사두근 중 외측광근(vastus lateralis)과 내측광근의 경사갈래(oblique portion of vastus medialis)가 슬개골의 위치를 결정하면서 슬관절의 안정성을 유지하는데 중요한 역할을 한다.

무릎 신전시 대퇴사두근이 수축하는 힘에 의해 슬개골(patella)은 바깥쪽으로 아탈구(subluxation)되려는 경향을 가지고 있다. 이때 대퇴(femur)의 내측에 위치하는 내측광근이 수축하면서 슬개골을 안쪽으로 잡아당겨줌으로써 아탈구를 막는다(Leveau와 Rogers, 1990; Levine 등, 1983; Welsh와 Woodall, 1990). 내측광근은 무릎의 내측력을 발휘하는 일차적 요소로 작용하고, 외측광근은 외측에서 주로 작용한다. 따라서 대퇴사두근 중 내측광근과 외측광근의 형태적, 기능적 균형이 무릎관절의 균형에 매우 중요하다(Kapandji 1982; Karst와 Willett, 1995).

이런 기능을 하는 내측광근은 생리학적으로 가장 약하고 근위축이 가장 느리게 나타나며 손상 시에 회복되는 속도도 가장 느리기 때문에(Fox, 1975), 일단 약화되었을 경우 대퇴사두근 내에 근력균형이 깨어진다. 근력불균형은 슬관절에 동통을 유발시키므로(patellofemoral pain syndrome) 약해진 내측광근을 강화시켜 이 불균형을 줄여주는 치료를 해야 한다. 이를 위해서는 내측광근이 다른 대퇴사두근에 비해 현저하게 활성화되는 운동을 선택적으로 시행해야 할 필요가 있다(Blazina 등, 1979; Fisher, 1986; Hanten과 Schulthies, 1990; McConnell, 1996)

기존의 임상에서는 슬개골이 아탈구 되어 슬관절 동통이 나타나는 환자에게 무릎을 0도에서 30도 사이에서 등장성 신전 운동을 시키는 것이 가장 널리 쓰여 지는 방법이고, 그 외에 대퇴사두근 등척성 수축운동과 하지 거상 운동 등을 많이 시행해 왔다(Alice 등, 1992; Scuderi 등, 1992). 반면에 Brownstein 등(1985)는 내측광근이 대내전근(adductor magnus)의 힘줄에서부터 기시하기 때문에 내측광근과 외측광근의 근력균형을 회복시키기 위한 운동으로 고관절 내전 운동을 수행시키면 내측광근이 선택적으로 강화될 수 있다고 보고 하였다.

이 연구의 목적은 임상에서 많이 사용하고 있는 슬관절 신전 운동과 등척성 고관절 내전 운동시에 내측광근과 외측광근의 활동전위 차이와 개시시간의 간격을 알아보는 것이다. 이 연구의 결과는 임상에서 슬관절 동통의 운동 치료를 적용할 때 내측광근을 선택적으로 강화시킬 필요가 있는 환자에게 보다 효과적인 운동을 수행시키는데 유용한 정보를 제공할 수 있을 것이다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상자

본 연구는 대퇴사두근 기능에 영향을 미칠 수 있는 과거 대퇴사두근 손상이나 무릎 손상의 병력이 없는 정상 성인 남자 6명을 대상으로 하였다. 실험을 실시하기 전에 실험 전과정에 대하여 대상자에게 설명한 후, 자발적 동의를 얻었다. 연구 대상자의 선정 조건은 다음과 같다.

- 가. 현재 요통과 하지에 통증이 없는 자
- 나. 대퇴사두근의 축진이 가능한 자
- 다. 대퇴사두근 각(quadriceps angle: Q-angle)이 정상 범위인 자
- 라. 최근 6개월 이내 하지 근력 강화 운동을 실시하지 않은 자

## 2. 실험기기 및 방법

선택된 근육의 근전도 신호의 측정하기 위하여 표면근전도 MP150WSW(BIOPAC System Inc. USA)를 사용하였다. 연구 대상자에게는 피부의 임피던스(Impedance)로 인해 생기는 오차를 최대한 줄이기 위하여 전극이 부착되는 피부표면을 면도하고 사포질을 한 후 알콜로 닦아내었다. 또한 피부와 전극사이에 전기전도를 위한 젤(gel)을 조금 발라주었다(Soderberg, 1992). 전극의 부착지점은 외측광근은 전자간선(intertrochanteric line)의 아래 부분에서 종자골의 상극점까지 거리의 2/3인 지점에, 내측광근은 강한 등척성 수축이 보이는 근뿔대 부위(muscle belly)에 부착하였다.

전체 표면근전도 신호는 운동단위들에 대한 주파수의 스펙트럼으로 구성되어 있다. 주파수 분석은 신호의 주파수와 신호의 에너지를 감지한다. 전기 생리학과 운동학의 국제협회에서는 분석을 위해서는 10Hz에서 350Hz 범위의 EMG를 얻어야 한다고 제시하였으며 우리는 여기에 영향을 줄 수 있는 형광등에 대한 60Hz값을 Band stop하였다.

측정값에 변화를 줄 수 있는 자세와 체간의 안정성, 손의 위치, 고관절의 각도는 앉은 자세에서(Mendler 등, 1963) 슬관절 각도를 60°(Williams, 1959)로 양손잡이를 잡고 고관절의 각도가 130°(Currier 등, 1977; Mender 등, 1967; 나영무 외, 2002)로 하였다.

근전도계와 연결된 컴퓨터상에서 각각의 전선과 연결된 근육에 해당하는 채널(Ch1: VM, Ch2: VL)을 지정하여 근전도 신호를 관찰하였고, 이러한 준비 작업이 끝난 후 근전도 값을 측정하였다.

## 3. 자료 분석 및 분석 방법

측정은 우선 슬관절 60°에서의 최대 등척

성 운동을 통해 각각의 근육에 대한 최대근활성도 값을 구하고 5분 휴식 후 최대 등척성으로 슬관절을 신전해서 근활성도 값을 구하며 5분 휴식 후 동측의 고관절이 내전되지 않을 정도의 반대측 고관절의 내전에 대한 등척성 운동을 유지한 후에 슬관절 신전을 실시한다.

이렇게 나온 값을 통해 우리는 반대측 고관절의 내전에 대한 등척성 수축을 통해 내측광근의 외측광근에 대한 개시 수축시간의 변화와 근활성도의 변화를 알아보려고 한다. 한 개의 운동과 두 개의 근육간의 활동전위차가 있는지 알아보고, 운동 유,무에 따라 내측광근의 선택적 강화가 있는지 알아보기 위해 내측광근의 활성 전위값을 외측광근의 활동 전위값을 나누어 짝비교 검정(paired t-test)를 하였다. 유의수준  $\alpha$ 는 0.05로 하였다.

근 수축의 개시시간을 결정하기 위해 종종 주관적인 기준인 시각을 이용한 측정법이 제시되어 왔다(Bouisset와 Zattara, 1981; Oddsson와 Thorstensson, 1987). 이는 기능적 활동을 하는 동안 표면근전도의 측정과 운동 단위들의 동원 순서에 관한 문헌에서도 시각적 결정 처리 방식이 결정법으로 사용되고 있다(John 등, 2002; Kozhina와 Person, 1992; Lebedev, 1991; Simard와 Cerquerira, 1992). 이에 우리는 초기 근수축이 없는 상태의 근활성도의 2배가 되는 지점을 근 수축의 개시시간으로 정하여 이를 운동 유,무에 따라 내측광근과 외측광근의 개시시간의 차이가 어떻게 변화되는지 알아보았다. 통계학적 분석은 SPSS 12.0 for WINDOWS를 통해 짝비교 검정을 하였다. 유의 수준  $\alpha=0.05$ 로 하였다.

## III. 결 과

### 1. 대상자의 일반적인 특징

표 1. 연구대상자의 일반적인 특징

일반적 특징	평균±표준편차	범위
나이(세)	26.0±2.7	22.0~29.0
체중(kg)	70.4±6.2	60.0~82.0
키(cm)	175.6±4.5	167.0~183.0
Q각(°)	10.9±2.3	9.5~12.5

2. 활동전위의 비

운동 유,무에 따른 내측광근과 외측광근의 활동전위를 측정하여 비교한 값의 평균과 표준편차는 <표 1>과 같다. 모든 값에서 외측광근의 근전도 활동이 우세하게 나타났으며 등척성 내전 운동시에는 내측광근의 근전도 활동이 통계학적으로 유의하게 증가하였다(<.05).

2. 활동 전위 개시시간

운동 유,무에 따른 내측광근과 외측광근의 활동 전위 개시시간의 차이는 표 2와 같다. 모든 값에서 내측광근의 수축개시 시간이 빨리 일어났으나 등척성 내전 운동시에는 그 차이가 통계학적으로 감소하였다(<.05).

IV. 고 찰

본 연구는 반복측정 실험 설계의 학습효과를 최소한으로 줄이기 위해 한 번의 측정을 통해 값을 얻었으며 근육의 피로가 실험효과에 영향을 주는 것을 피하기 위해 한번의 등척성 운동 후에는 5분간의 휴식을 취하도록 하였다. 이월효과(carry over effect)를 최소화 하기 위해 한 번의 측정이 끝난 다음에는 반드시 근전도의 근 활성도의 수치가 0으로 된 것을 확인하고 연구대상자가 다음 운동을 하도록 하였다.

<표 2> 활동전위의 비와 개시시간 차이

	외측광근에 대한 내측광근의 활동전위의 비		외측광근에 대한 내측광근의 개시시간 차이	
	내전 유	내전 무	내전 유	내전 무
평균±표준편차	.80±.22	.68±.24	.036±.033(s)	.080±.034(s)

<표 3> 내전 유무에 따른 비교분석

	t 값	자유도	유의수준
활동전위	-2.83	5	.037
개시시간 차	5.59	5	.003

앉은 자세에서 고관절의 각도와 손의 위치가 운동시 활동 전위에 많은 영향을 주므로 이 연구에서는 고관절의 각도가 130°를 이루고, 양쪽의 손잡이를 잡고 하지의 운동을 할 때 대퇴사두근에 최대의 근활동이 나타난다는 Currier(1977)의 보고 따라 운동시 고관절의 각도를 130°로 고정시키고 양쪽의 손잡이를 잡게 하였다.

슬개골의 외측 아탈구로 인해 슬관절에 동통이 있는 환자를 위한 초기재활과정에서는 동통을 완화시키고, 근위축반응을 감소시키기 위한 목적으로 등척성 운동과 유연성 운동을 시행한다(Scuderi 등, 1992). 임상적으로 이를 위하여 시행하는 운동으로는 무릎을 30도 굴곡시킨 자세에서 0도까지의 제한된 범위를 등장성 신전운동 시키는 것과 등척성 수축운동과 하지거상운동이 있다(Alcea 등, 1990; Scideri 등, 1992).

본 연구의 목적인 슬개골 외측 아탈구를 막기 위한 내측광근의 선택적 근력강화에 기존의 연구들은 대퇴사두근 등척성 운동과 하지 거상운동이 내측광근의 선택적 근력강화에 효과가 없다고 보고하고 있다(Basmajian 등, 1978; Jewett와 Karst, 1993; Wild 등, 1982). 한편 제한된 범위 내에서의 등장성 신전운동은 내측광근의 선택적 근력강화 효과에 논란이 있는바 Bose 등(1980)은 첫째, 무릎이 굴곡되었을 때는 슬개골이 외측 아탈구 되지 않도록 외측관절융기(Lateral femoral condyle)와 관절면을 이루는 슬개골 관절면(patellar articular surface)이 올라가면서 어느정도 안정성을 주지만 무릎이 신전되었을 때는 특히, 마지막 30도 신전부터는 대퇴골의 슬개골 관절면쪽으로 슬개골이 위치하므로 쉽게 외측으로 아탈구 될 수 있다는 것과 둘째, 무릎이 신전될수록 슬개골에 안정성을 제공하는 수평벡터(horizontal vector)가 줄어든다는 근거로 무릎신전 0도 - 30도 사이에서 내측광근의 기능이 특히 중요하며 가장 많이 활성화될 것이라고 보고하였다. 특히

Carlo(1964), Fracis와 Scott(1974), Jahnke와 Wheathley(1951) 등은 내측광근의 슬관절 신전운동의 마지막 15도에서 30도 사이에 주로 작용한다고 보고하였다. 반면에 Brewerton 등(1955), Levin 등(1983), Jackson과 Merrifield(1973) 등의 연구에서는 슬관절의 전운동범위에서 내측광근이 활동적이라고 보고하였다. 이와 같이 논란이 되고 있는 제한된 범위내의 등장성 신전운동이 내측광근의 선택적 근력강화에 효과적이라는 Bose 등(1980)의 주장을 본 연구에서 사용하여, 등속성 운동을 초기 재활에 장점이 있는 등척성 운동으로 변형하여 내측광근의 선택적 근력 강화의 유,무를 살펴보았다.

내측광근의 선택적 강화를 위한 운동방법으로 고관절 내전근운동을 대퇴사두근강화운동과 결합시키기도 한다. 원리는 고관절 내전근과 내측광근 사이에 해부학적인 연결(linkage)이 형성되어 있다는 것이다. 실제로 여러 해부학적 연구들은 내측광근 경사갈래의 근섬유들이 고관절 내전근의 건(tendon)에서 기시하고 있음을 보여준다(Boss 등, 1980; Thiranagama, 1990). 이러한 사실을 근거로 많은 연구자들이 대퇴사두근 수축시 강한 고관절 내전근이 대퇴사두근에게 안정된 근위부착부위를 갖게 해 줌으로써 내측광근의 근력축진에 영향을 미칠 수 있다고 생각하였다.(Brownstein 등, 1985; Hanten과 Schulthies, 1990). 등척성 고관절 내전운동시의 결과는 내측광근과 외측광근의 활동전위 비교에서 내측광근이 근 활성화도의 증가율이 커진 것으로 나왔고 이는 슬관절에 동통이 있는 환자의 초기 재활에 고관절 내전운동이 유용하다는 것을 뜻한다. 우리가 얻은 결과는 Jahnke와 Wheathley(1951)의 고관절 내전운동 동안에 내측광근의 활동전위가 증가했다는 보과와 Hanten과 Schulthies(1990)의 보고와도 일치한다. Andriacchi 등 (1984)은 외전 우력(torque)과 굴곡우력을 하지에 적용시켜

슬관절 신전과 고관절 내전이 동시에 일어나도록 하여 내측광근과 외측광근의 활동전위차를 비교하였는데 그 결과 내측광근과 외측광근, 그리고 대퇴직근 활동전위사이에 유의한 차이가 없었다고 하여 본연구와는 차이가 있는데 본 연구에서는 PNF 기법중의 하나인 방산(irradiation)을 이용해 동측의 슬관절 신전에 대한 어떠한 직접적인(direct) 영향을 미치지 않는 간접적인(indirect) 방법을 사용하였기 때문으로 사료된다.

대퇴사두근 동통증후군의 여러 가지 발생요인 중 슬개골의 외측 아탈구가 중요한 요인으로 제시되고 있으며(Fulkerson과 Shea, 1990) 내측광근이 만들어내는 힘의 감소가 내측광근과 외측광근의 시간적 조절차이로 인해 슬개골이 외측으로 벗어날 수 있다는 것이다. 이와 같이 내측광근의 근력과 수축개시가 중요한 이유는 이런 증상이 없는 경우 상대적으로 작은 단면적을 갖은 내측광근과 외측으로 당기는 힘이 우세한 외측광근에 의한 슬개골의 정상적인 움직임을 위해 내측광근이 외측광근 보다 먼저 활성화 될 것이라고 가정하기 때문이다(Grabiner등, 1994)

Cowan 등(2001)은 대퇴사두근 동통증후군군과 이런 증상이 없는 군에 수축 개시시간의 연구를 통해 증상이 없는 군에서는 내측광근과 외측광근의 수축이 거의 동시에 일어났음을 보고하면서 대퇴사두근 동통증후군군과 증상을 가지지 않은 군에서 개인간의 수축 개시시간의 차이가 컸음을 보고하였다.

이에 본 연구는 선택적 내측광근의 강화방법으로 반대측 고관절 내전에 대한 등척성 운동시 내측광근과 외측광근의 수축 개시시간 차이를 비교해 본 결과 반대측 고관절 내전에 대한 등척성 운동을 통해 내측광근과 내측광근의 수축 개시시간의 차이가 감소되는 것을 볼 수 있으며 대퇴사두근 동통증후군을 가진 환자를 위한 초기 재활운

동 방법으로 제안 될 수 있다고 사료된다.

## V. 결 론

본 연구는 반대측 고관절 등척성 내전운동이 내측광근과 외측광근의 수축 개시시간과 근활성도 증가율에 어떠한 영향을 미치는가 알아보기 위해 수행하였다. 연구 대상은 대퇴사두근 동통 증상을 보이지 않는 남자 6명을 대상으로 하였고 그 결과 반대측 고관절 내전의 등척성 운동을 통해 수축개시시간과 근활성도 증가가 보이는 것으로 나타났다.

이상의 결과로 볼 때 대퇴사두근 동통증상을 보이는 환자에게서 나타나는 내측광근과 외측광근의 불균형적인 근활성도와 수축 개시시간의 개선을 위해 선택적 내측광근의 강화방법으로 PNF의 방산(irradiation)기법을 적용한 반대측 고관절 등척성 내전운동하면서 동측의 등척성 슬관절 신전운동이 유효한 운동 방법으로 선택될수 있다고 생각된다. 앞으로 대퇴사두근 동통증상이 있는 환자를 대상으로 수축 개시시간과 근활성도의 크기 및 증가율에 대한 더 많은 연구가 필요하다고 본다.

## <참고문헌>

- 나영무, 임병길, 김호성, 지송운. 고관절 각도에 따른 근전도 분석에 의한 대퇴사두근 근활성도. 대한스포츠의학회지, 20(1):201\_208, 2002
- 권혁철, 김인숙. 대퇴사두근 등척성 운동시 손과 발목의 위치가 대퇴직근의 활동전위에 미치는 영향. 대한물리치료사협회지, 9(2):75\_87, 1977
- Basmajian JV. Muscle alive. 4th ed. Baltimore, Md; Williams & Wilkins:

- 1978:265-266
- Brewerton DA. The function of the vastus medialis muscle. *Ann rhus Med.* 1951;32:508-515
- Carlo JE. Rehabilitation of the unstable knee. *Soc Med J.* 1962;55:44-45
- Cowan Sm, GrandDip, Bennell KL 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;82:183-189
- Currier DP. Positioning for knee strengthening exercises. *Phys Ther.* 57(121):148-152, 1977
- Hunter H. Patellofemoral Arthralgia. *J Am osteop Assoc.* 1985;85:581-585
- Kapandji IA. *The Physiology of the Joints.* Churchill Livingstone, 1982
- Karst GM, Jewett PD. Electromyographic analyssis of exercises proposed for differential activation of Medial and lateral quadriceps femoris muscle components. *Phys Ther.* 1993;73(5):286-299
- Karst GM, Willet GM. Onset timing of electromyographic activity in the vastus medialis oblique and vastus lateralis muscles in subjects with and without patellofemoral pain syndrome.
- Alica JA, Palumbo RC, Tria AJ. Conser-vative care for patellofemoral pain. *Orthop Clin North Am.* 1992;23(4):538-554
- Blaniza ME, Johnson JRG, Pevsner DN. The patellofemoral joint and its implications in the rehabilitations of the knee. *phys Ther.* 1979;59(7):869-874
- Boss K, kanagasuntheram R, Osman MBH. vastus medialis oblique: An anatomic and physiologic study. *Orthopedic.* 1980;3:880-883
- Brownstein BA, Lamb RL, Mangine RE. Quadriceps torque and intergrated electromyography. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1985;6:309-314.
- Fisher RL. Conservative treatment of patellofemoral pain. *Orthop Clin North Am.* 1986;17:269-272.
- Fox TA. Dysplasia of the quadrieps mechanism. *Surg Clin North Am.* 1975;55:199-226.
- Fulkerson JP Shea KP. Current concepts review: Disorder of patellofemoral alignment. *J Bone Joint Surg Am.* 1990;72:1424-1429
- Hanten WP, Schulthies SS. Exercise effect on electromyographic activity of the vastus lateralis muscle. *Phys Ther.* 1990;70:561-565
- Insall J. Current concepts review: patellar pain *J Bone Joint Surg Am.* 1982;64:147-152
- Jahnke WD, Wheathley MD. Electromyographic study of the thigh and hip muscle in normal individuals. *Arch Phys Med.* 1951;32:508-515
- LeVeau BF, Rogers C. Selective training of the vastus medialis muscle using EMG biofeedback. *Phys Ther.* 1980;60(11):14140-1415
- Levin TA, Medeiros JM, Reynolds L, et

- al. EMG activity of the Vastus medialis and the Vastus lateralis in their role in patellar alignment. *Am J Phys Med.* 1983;62:61-70
- Mendler HM. Postoperation function of the knee joint. *J Am phys ther,* 43:435-431, 1963
- Mendler HM. Effect of stabilization of maximum isometric knee extensor force. *Phys Ther,* 47:374-379, 1967
- McConnell J. The management of chondromalacia patella long term solution. *Australian J of Physiotherapy.* 1986;32:215-223.
- Scuderi GR, Taffel CB, Iappala FG. Rehabilitation of patellofemoral joint disorder. *Orthop Clin North Am.* 1992;23(4):555-566
- Thiranagama R. Nerve supply of human vastus medialis muscle. *J Anat.* 1990;170:193-198
- Voight M, Weider D. Comparative reflex response time of the vastus medialis and the vastus lateralis in normal subjects and subjects with extensor mechanism dysfunction. *Am J Sports Med.* 1991;10:131-137
- Welsh JA, Woodall W. A biomechanical basis for rehabilitation programs involving the patellofemoral joint. *Orthop sports Phys Ther.* 1990;11:535-542
- Williams M, Stutzman L. Strength variation through range of motion. *J Phys Med Rehab,* 39:145-152, 1959
- Wild JJ, Franklin Td, Woods GW. Patellar pain and quadriceps rehabilitation: an EMG study. *AM J Sports. Med.* 1982;10:12-15