

고관절 등척성 내전 운동과 슬관절 등척성 신전운동시 대퇴사두근의 활동전위에 미치는 효과

김 명 진, 이 진 섭
상지대학 한방병원 물리요법실

이 영 미
연세대학교 보건과학대학 재활학과

김 영 록
연세의료원 재활병원 물리치료실

Abstract

Isometric Hip Adduction Exercise and Isometric Knee Extension Exercise Effect on Action Potentials of the Quadriceps Femoris

Kim Myoung-jin, B.H.Sc., R.P.T.

Yi Jin-seob, B.H.Sc., R.P.T.

*Dept. of Physical Therapy,
Sang Ji Oriental Medicine Hospital*

Yi Young-mi, B.H.Sc., R.P.T.

*Dept. of Rehabilitation, College of Health Science,
Yonsei University*

Kim Young-rok, M.P.H., R.P.T., O.T.R.

*Dept. of Physical Therapy, Yonsei Rehabilitation Hospital,
Yonsei University Medical Center*

The purpose of this study was to determine whether the vastus medialis oblique muscle(VMO) had greater electrical activity than the vastus lateralis muscle(VL) when hip adduction and knee extension exercise were performed. Electrical activity of the VMO and VL was measured on 42 healthy subjects (28 men, 14 women) during maximal voluntary isometric contractions of hip adduction and knee extension by an EMG-BIOFEEDBACK. The results showed that the electromyographic activity of the VMO was significantly greater than that of the VL during the hip adduction exercise. Differences noted with knee extension by performing hip adduction exercises. Isometric hip adduction exercises, therefore, may be advisable in the treatment of patients with patellofemoral pain.

Key Words : Patellofemoral pain; Action potential; Selective strengthening.

I. 서론

슬관절 기능 이상은 재활과정(rehabilitation program)을 받게되는 요소이고 증상이 가볍다 하더라도 일상 생활 동작(activities of daily living)을 제한할 수 있기 때문에 이것을 예방하고 회복시키는 것이 필요하다. 슬관절에 동통이 있는 환자의 치료는 슬관절 기능 이상의 원인이 되는 요소들을 없애야하고, 대퇴사두근(quadriceps femoris muscle)과 고관절 내전근육의 증강과정을 필요로 한다. 이 과정에서는 특별히 슬개골의 위치를 적절히 바로 잡는 것이 필요하다(Alica 등, 1992; Scuderi 등, 1992).

슬관절 신전시 대퇴사두근이 수축하는 힘에 의해 슬개골이 바깥쪽으로 아탈구(subluxation) 되려고 한다. 이때 대퇴의 내측에 위치하는 내측광근(vastus medialis)이 수축하면서 슬개골을 안쪽으로 잡아당겨줌으로써 아탈구를 막는다(Leveau와 Rogers, 1980; Levine 등, 1983; Welsh와 Woodall, 1990).

이런 기능을 하는 내측광근은 생리학적으로 가장 약하고 근위축이 가장 먼저 나타나며 손상시에 회복되는 속도도 가장 느리기 때문에(Fox, 1975), 일단 약화되었을 경우 대퇴사두근 내에 근력균형이 깨어진다. 근력불균형은 슬관절에 동통을 유발시키므로 약해진 내측광근을 강화시켜 이 불균형을 줄여주는 치료를 해야한다. 이를 위해서는 내측광근이 다른 대퇴사두근에 비해 현저하게 활성화되는 운동을 선택적으로 시행해야 할 필요가 있다(Blazina 등, 1992; Fisher, 1986; Hanten과 Schulthies, 1990; McConnell, 1986).

기존의 임상에서는 슬개골이 아탈구되어 슬관절 동통(patellofermoral pain)이 나타나는 환자에게 무릎을 0도에서 30도 사이에서 굴곡시킨 자세로 등장성 신전 운동을 시키는 것이 가장 널리 쓰여지는 방법이고, 그 외에 대퇴사두근 등척성 수축운동과 하지 거상 운동 등을 많이 시행해 왔다(Alice 등, 1992; Scuderi 등, 1992). 반면에 Brownstein 등(1985)은 내측광

근이 대내전근(adductor magnus)의 힘줄에서부터 기시하기 때문에 내측광근과 외측광근의 근력균형을 회복시키기 위한 운동으로 고관절 내전 운동을 수행시키면 내측광근이 선택적으로 강화될 수 있다고 보고하였다. 또한, Hodges와 Richardson(1993)은 그들의 연구에서 체중 지지시의 고관절 내전과 체중을 지지하지 않았을 때의 고관절 내전을 비교하여 체중 지지시의 고관절 내전에서 내측광근의 활동 전위가 높다고 보고하였다. 또한 Hanten과 Schulthies(1990)는 체중을 지지하지 않았을 때 등척성 고관절 내전운동, 등척성 경골 내회전(tibial medial rotation)의 활동 전위 비교에서 등척성 고관절 내전운동시에 내측광근의 선택적 강화 효과가 더 좋다고 보고하였다

이 연구의 목적은 임상에서 많이 사용하고 있는 등척성 슬관절 신전 운동과 등척성 고관절 내전 운동시에 내측광근과 외측광근의 활동 전위 차이를 알아보는 것이다. 그리하여 내측광근을 선택적으로 강화시키는데 어느 운동이 더 효과적인지 알아보는 것이다. 이 연구의 결과는 임상에서 동통이 있는 슬관절의 초기 재활 과정에 운동 치료를 적용할 때 내측광근을 선택적으로 강화시킬 필요가 있는 환자에게 보다 효과적인 운동을 수행시키는데 유용한 정보를 제공할 수 있을 것이다.

II. 연구방법

1. 연구 대상자

본 연구의 대상은 연세대학교에 재학중인 20세 - 30세의 건강한 남녀 42명으로 연구의 목적을 이해하고, 참여하겠다고 자원한 사람들을 대상으로 했다. 피험자의 선택 기준에는 첫째 전극을 부착시킬 내측광근과 외측광근에 개방성 상처가 없을 것, 둘째 실험전에 근육통을 동반할 정도의 심한 운동을 하지 않을 것, 셋째 무릎 관절의 질환이나 그로 인한 수술을 한 경험이 없어야 한다는 것을 포함하였다.

표 1. 연구 대상자들의 특성

조사수(명)	나 이(세)	신 장(cm)	체 중(kg)
남 28	23.35±2.6	172.20±4.4	65.75±7.2
여 14	22.07±4.2	161.00±4.6	52.14±7.2
합계 42	23.00±3.2	168.76±6.8	61.00±9.6

평균±표준편차

또한 연구 대상자들이 주로 사용하는 다리는 오른쪽이었다. 연구 대상자들의 특성은 표 1과 같다.

2. 실험도구

본 연구에서는 내측광근과 외측광근의 활동 전위를 측정하기 위하여 근전도바이오피드백(EMG - BIOFEEDBACK)¹⁾기구를 사용하였고, 실험 대상자의 슬관절과 고관절의 각도를 정확하게 측정하기 위해서 전자 관절각도측정기(electric goniometer)²⁾를 사용하였다. 모든 운동은 등반이가 110도로 고정된 무릎 운동기에서 실시되었다.

3. 실험방법

본 연구에서는 내측광근과 외측광근의 활동 전위를 측정하기 위하여 근전도바이오피드백기구를 사용하였고, 실험전에 기계의 조절장치를 실험에 필요한 상태로 맞추어 놓은 후 피부저항 등으로 생기는 오차를 최대한으로 줄이기 위하여 전극이 부착되는 피부표면을 알콜로 닦아 내었다. 피험자는 대퇴부의 아래쪽 3분의1 이상이 드러나는 반바지를 입고 각각의 근육에 표면 전극을 부착하였다. 활동 전극은 내측광근과 외측광근의 근섬유(muscle fiber)와 수직으로 향해있는 근육복(muscle belly)의 중앙 위에 두었다. 참고 전극(reference

electrode)은 활동 전극의 원위부 5 cm에 두었다. 각 운동은 무릎 운동기에서 실시되었다. 또한 각 운동시 피험자의 보상운동을 막고, 안정성있게 지시하는 운동만을 수행하도록 골반띠(pelvic belt)를 사용하여 피험자를 고정시켰다. 골반띠는 피험자 골반의 앞위장골극(anterior superior iliac spine)을 덮어 무릎 운동기 뒤쪽으로 돌려 감아주었다. 손자세의 일관성과 안정성의 강화를 위해 피험자들이 운동시 무릎운동기의 손잡이를 잡도록 하였다.

등척성 고관절 내전 운동 시에는 슬관절을 60도 굴곡시키고 고관절을 30도 외전시킨 자세로 앉아서 고관절 등척성 내전 운동을 하게 하고 저항을 슬개골의 상단에서 10 cm위의 지점에서 내측으로 실험자가 손으로 가했다. 이때 실험자는 연구 대상자에게 "최대한 힘을 쥐서 내가 주는 저항을 이기고 다리를 오므리세요."라고 지시하였다. 등척성 슬관절 신전 운동 시에는 측정하는 쪽의 슬관절을 30도 굴곡시키고 15도까지 신전시킨후 그 각도에서 등척성 슬관절 신전 운동을 하게하고, 저항은 발목의 위쪽부위에 무릎운동기의 저항기로 실험자가 가했다. 실험자는 연구 대상자에게 "최대한 힘을 쥐서 내가 주는 저항을 이기고 다리를 끝까지 펴세요."라고 지시하였다. 각 운동 수행시 측정된 쪽은 오른쪽하지이고 측정하지 않은 왼쪽하지는 슬관절이 90도 굴곡된 자세로 발바닥이 바닥에 닿게 했다.

1) Myomed 432. ENRAF NONIUS(HOLLAND)

2) GONIOMETER M180. PENNY and GILES BIOMETRICS LIM.(made in UK)

최대 등척성 수축운동(MVIC, Maximal voluntary isometric contraction)전에 피험자가 운동의 내용을 정확히 이해하고 운동시 다른 보상작용 없이 순수한 고관절 내전운동과 슬관절 신전운동만이 일어나도록 하기 위해 피험자에게 내전운동과 신전운동 방법을 가르쳤다. 준비 운동(warm-up exercise)을 위해 최대하(submaximal)로 3초씩 다섯번 운동시켰다. 이때 최대하 운동(submaximal exercise)간에는 30초간 쉬게 하였고 최대하 운동(submaximal exercise)시행 3분 후에 최대 등척성 수축운동을 시행하였다. 각 운동은 세 번 반복 측정 되었고 활동전위는 3회 측정값의 평균값으로 정하였다. 피험자가 각 운

동마다 6초간 수축하고 있는 동안 실험자는 근전도 바이오피드백에 나타나는 수치의 최고치를 읽어 기록하였다.

측정시 근육의 피로도를 감안하여 각 운동간에는 2분 동안의 휴식시간을 주었다. 내측광근과 외측광근의 최고치의 활동전위를 측정하기 위해 슬관절 50도 굴곡 상태에서 등척성 신전 운동을 시켰다. 대퇴사두근의 등척성 최대 활동전위에 대한 슬관절의 각도는 연구자마다 논란이 있지만 본 실험에서는 Brownstein 등(1985)이 연구한 각도를 선택하였다. 이때 얻은 활동전위 값으로 각 운동간에 측정된 활동전위의 값을 나누어 백분율로 나타내었다.

각 근육에서 측정된 근전도의 백분율 =

$$\frac{\text{각 운동간 활동전위}}{\text{최대활동전위}} \times 100$$

4. 분석방법

두 개의 운동과 두 개의 근육간의 활동전위차가 있는지 알아보고, 근육과 운동의 관계를 보기 위하여 반복측정에 의한 이중분산분석(repeated two-way ANOVA)을 하였다. 또한 각각의 운동방법에 따른 내측광근의 선택적 강화의 유,무를 알아보기 위하여 각 운동시의 내측광근의 활동전위값을 외측광근의 활동전위값으로 나누어 짝비교 검정(paired t-test)

을 하였다. 유의수준 α 는 0.05로 하였다.

III. 결과

각 운동시의 내측광근과 외측광근의 활동전위를 측정하여 비교한 값의 평균과 표준편차는 표2와 같다.

표 2. 각 운동시의 내측광근과 외측광근의 활동전위 측정 결과 (단위 : %)

	고관절 내전운동	슬관절 신전 운동
내측 광근	36.7±11.1	81.6±11.0
외측 광근	23.7± 6.8	82.8±10.2

평균±표준편차

두 운동과 두 근육간에 활동전위 차이가 있는지 알아본 결과 모두 유의한 차이가 있었

다. 또한 근육과 운동을 같이 보았을 때도 유의한 차이가 있었다. (표 3)

표 3. 운동 종류와 근육에 대하여 반복측정에 의한 이중분산분석한 결과

	자유도	평균제곱	F값	Prob.
근육	1	113412.0536	2222.04	0.0001
운동방법	1	1408.0667	29.00	0.0001
근육 x 운동방법	1	2150.3567	42.13	0.0001

작비교 검정결과 고관절 내전운동시 내측 다 컸다. (표 4)
광근의 활동전위가 외측광근의 활동전위보

표 4. 운동별 활동전위값 비교결과

피험자 수	평균±표준편차	t값	Prob.
42	0.6087±2.4223	9.34	0.0000

작비교 검정결과 슬관절 신전운동에서는 의한 차이가 없었다. (표 5)
내측광근과 외측광근의 활동전위 사이에 유

표 5. 슬관절 신전운동시 근육들의 활동전위값 비교결과

피험자 수	평균±표준편차	t값	Prob.
42	-1.167±10.629	-0.71	0.48

IV. 고찰

본 연구는 반복측정 실험설계로 학습효과를 최소한으로 줄이기 위해서 확률수표에 의해 측정순서를 정하고 그 순서에 따라 측정하였다.

또한 근육의 피로가 실험효과에 영향을 주는 것을 피하기 위하여 한번의 등척성 운동 후에는 2분 이상 휴식을 취하도록 하였다. 이월효과(carry over effect)를 최소화 하기 위해 한번의 측정이 끝난 다음에는 반드시 근전도 바이오피드백의 수치가 0으로 된 것을 확인하고 연구대상자가 다음 운동을 하도록 했다.

앉은 자세에서 고관절의 각도와 손의 위치가 운동시 활동전위에 많은 영향을 주므로 이 연구에서는 고관절의 각도가 110도 - 130도를 이루고, 양쪽의 손잡이를 잡고 하지의 운동을 할 때 대퇴사두근에 최대의 근활동(action potential)이 나타난다는 Currier(1977)의 보고에 따라 운동시 고관절의 각도를 110도로 고정시키고 양쪽의 손잡이를 잡게 하였다.

슬개골 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 위해서 시행하는 운동으로는 무릎을 30도 굴곡시킨 자세에서 0도까지의 제한된 범위를 등장성 신전 운동 시키는 것과 등척성 수축운동과 하지거상 운동이 있다(Alicea 등 1990; Scuderi 등 1992).

본 연구의 목적인 슬개골 외측 아탈구를 막기 위한 내측광근의 선택적 근력강화에 기존의 연구들은 대퇴사두근 등척성 수축운동과 하지거상운동이 내측광근의 선택적 근력강화에 효과가 없다고 보고하고 있다(Basmajian 등, 1978; Jewett와 Karst, 1993; Wild 등, 1982). 한편 제한된 범위내에서의 등장성 신전운동은 내측광근의 선택적 근력강화 효과에 논란이 있는 바 Bose 등(1980)은 첫째, 무릎이 굴곡되었을 때는 슬개골이 외측 아탈구 되지 않도록 외측관절용기(lateral femoral condyle)와 관절면을 이루는 슬개골 관절면(patellar articular surface)이 올라가면서 어느정도 안정성을 주지만 무릎이 신전되었을 때는 특히, 마지막 30도 신전때부터는 대퇴골의 슬개골 관절면쪽으로 슬개골이 위치하므로 쉽게 외측으로 아탈구될 수 있다는 것과 둘째, 무릎이 신전될수록 슬개골에 안정성을 제공하는 수평벡터(horizontal vector)가 줄어든다는 근거로 무릎 신전 0도 - 30도 사이에서 내측광근의 기능이 특히 중요하며 가장 많이 활성화될 것이라고 보고하였다. 특히 Carlo(1964), Francis와 Scott(1974), Jahnke와 Wheathley(1951) 등은 내측광근은 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. 이와같이 논란이 되고 있는 제한된 범위내의 등장성 신전운동이 내측광근의 선택적 근력강화에 효과적이라는 Bose 등(1980)의 주장을 본 연구에서 사용하여, 등척성 운동을 초기 재활에 장점이 있는 등척성 운동으로 변형하여 내측광근의 선택적 근력 강화의 유,무를 살펴보았다. 실험 방법 중 무릎을 굴곡시키고 15도까지 신전시킨 후 그 자세에서

슬관절 등척성 신전운동을 시킨 것은 이러한 이유 때문이다.

실험결과 슬관절 신전운동시 내측광근과 외측광근의 활동전위에는 유의한 차이가 없었다. 이는 등척성 슬관절 신전운동이 내측광근의 선택적 근력강화에 효과가 없다는 것 뿐만 아니라 슬관절의 전 운동범위에서 내측광근이 활동적이라는 사실까지도 보여준다. 등척성 고관절 내전운동시의 결과는 내측광근과 외측광근의 활동전위 비교에서 내측광근이 더 큰 것으로 통계학상 유의한 차이가 있었는데 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 보고와 Hanten과 Schulthies(1990)의 보고와도 일치한다. Andriacchi 등(1984)은 외전 우력(torque)과 굴곡우력을 하지에 동시에 적용시켜 슬관절 신전과 고관절 내전이 동시에 일어나도록 하여 내측광근과 외측광근의 활동전위차를 비교하였는데 그 결과 내측광근과 외측광근, 그리고 대퇴직근 활동전위 사이에 유의한 차이가 없었다. 우리의 연구결과와 이들의 연구결과가 다른 이유는 몇 가지 방법상의 문제들 때문이다. 첫째, 본 연구와는 다르게 운동을 고관절 내전 뿐만이 아닌 슬관절 신전을 같이 병행해서 시켰으며 둘째, 실험시 저항을 최대하(submaximal)로 주었다. 따라서 대퇴사두근이 정적수축을 유지하는데 최대의 힘이 들지 않았고 이로 인해 활동전위도 최대값들이 나오지 않았다. 또한 실험에 참가한 실험자의 수도 4명으로 적었다.

우리의 실험 결과 슬관절 신전 운동시 내측광근의 선택적 근력강화 효과는 없었으나 이 운동시에 고관절 내전운동때보다 훨씬 큰 활동전위를 나타냈다. 또한 고관절 내전운동이 내측광근의 근력강화에 효과적인 것은 첫째, 내측광근의 많은 근섬유들이 대내전근에서 기시되며 둘째, 고관절 내전근과 대퇴사두근을 동시에 수축시키는 운동이 내측광근에 더 안정된 부착점을 제공하고, 이로 인해 내측광근의 선택

적 강화를 더 촉진시킬 수 있다(Hanten과 Schulthies 1990; Levin 등 1983; McConnell 1986). 앞으로의 연구에서는 이러한 점들을 감안하여 고관절 내전운동과 슬관절 신전운동이 같이 병행되는 운동에 대한 대퇴사두근의 활동전위에 대한 연구가 계속 되어지기를 바란다.

V. 결론

본 연구의 목적은 고관절 내전운동과 무릎 신전운동시의 활동전위를 비교하여 슬관절 장애가 있는 환자에게서 슬개골 외측 아탈구를 막기 위한 내측광근의 선택적 근력강화에 효과적인 운동방법을 알아보는 것이다. 실험 결과 고관절 내전운동시에 내측광근과 외측광근의 활동전위 비교에서 내측광근이 외측광근보다 활동전위값이 더 큰 것으로 통계학적으로 유의한 차이가 있었고, 슬관절 신전운동시의 두 근육간 활동전위는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다. 이러한 실험결과로 내측광근의 선택적 근력강화에 고관절 내전운동이 더 효과적이라는 사실을 유추할 수 있다.

인용문헌

Alica JA, Palumbo RC, Tria AJ. Conservative care for patellofemoral pain. *Orthop Clin North Am.* 1992;23(4): 548-554.

Andriacchi TP, Andersson GB, Ortengren R, et al. A study of factors influencing muscle activity about the knee joint. *J Orthop Res.* 1984;1:266-275.

Basmajian JV. *Muscle alive.* 4th ed. Baltimore, Md; Williams & Wilkins; 1978:265-266.

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.

Bose K, Kanagsuntheram R, Osaman MBM. Vastusmedialis oblique: an anatomic and physiologic study. *Orthop.* 1980;3:880-883.

Brewerton DA. The function of the vastus medialis muscle. *Ann rhyt Med.* 1951;32: 508-515.

Brownstein BA, Lamb RL, Mangine RE. Quadriceps torque and intergrated electromyography. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1985;6:309-314.

Carlo JE. Rehabilitation of the unstable knee. *Soc Med J.* 1962;55:44-45.

Currier DP. Positioning for knee strengthening exercises. *Phys Ther.* 1977; 57(121):148-152.

Fisher RL. Conservative treatment of patellofemoral pain. *Orthop Clin North Am.* 1986;17:269-272.

Fox TA. Dysplasia of the quadriceps mechanism. *Surg Clin North Am.* 1975;55:199-226.

Francis RS, Scott DE. Hypertrophy of the vastus medialis in knee extension. *Phys Ther.* 1974;54:1066-1070.

Hanten WP, Schulthies SS. Exercise effect on electromyographic activity of the vastus lateralis muscle. *Phys Ther.* 1990;70:561-565.

Hodges PW, Richardson CA. The influence of isometric hip adduction on quadriceps femoris activity. *Scand J Rehab Med.* 1993;25:57-62.

Jackson RT, Merrifield HH. Assessment of quadriceps muscle group during knee extension with weighted boot. *Med Science Sport.* 1972;4:116-119.

Jahnke WD, Wheathley MD. Electromyographic

- study of the thigh and hip muscle in normal individuals. Arch Phys Med. 1951;32:508-515.
- Jewett PD, Karst GM. Electromyographics analysis of exercises proposed differential activation of medial and lateral quadriceps femoris muscle components. Phys Ther. 1993;5:286-295.
- LeVeau BF, Rogers C. Selective training of the vastus medialis muscle using EMG biofeedback. Phys Ther. 1980;60(11):1410-1415.
- Levin TA, Medeiros JM, Reynolds L, et al. EMG activity of the Vastus medialis oblique and the Vastus lateralis in their role in patellar alignment. Am J Phys Med. 1983;62:61-70.
- McConnell J. The management of chondromalacia patella along term solution. Australian J of physiotherapy. 1986;32:215-223.
- Scuderi GR, Taffel CB, Iappala FG. Rehabilitation of patellofemoral joint disorders. Orthop Clin North Am. 1992;23(4):555-566.
- Welsh JA, Woodall W. A biomechanical basis for rehabilitation programs involving the patellofemoral joint. Orthop Sports Phys Ther. 1990;11:535-542.
- Wild JJ, Franklin TD, Woods GW. Patellar pain and quadriceps rehabilitation: an EMG study. Am J Sports. Med. 1982;10:12-15.