

## 내림 경사대에서 한 다리 스쿼트 운동 시 경사면과 자세변화에 따른 무릎주변근의 근활성도

유원규

연세대학교 대학원 재활학과

이충휘, 권오윤, 전해선

연세대학교 보건과학대학 물리치료학과, 보건환경대학원 인간공학치료학과,  
보건과학연구소

### Abstract

#### Activation of Knee Muscles on Various Decline Boards and Postures During Single Leg Decline Squat Exercise

Won-gyu Yoo, M.Sc., P.T.

Dept. of Rehabilitation Therapy, The Graduate School, Yonsei University

Chung-hwi Yi, Ph.D., P.T.

Oh-yun Kwon, Ph.D., P.T.

Hye-seon Jeon, Ph.D., P.T.

Dept. of Physical Therapy, College of Health Science, Yonsei University

Dept. of Ergonomic Therapy, The Graduate School of Health and Environment, Yonsei University

Institute of Health Science, Yonsei University

This study was designed to identify the effect of various decline boards and postures of lower extremities on surface electromyographic (EMG) activity of knee muscles during isometric single-leg decline squat exercises. The subjects were twenty young male adults who had not experienced any knee injury and their Q-angles were within a normal range. They were asked to perform single-leg decline squat exercises in five various conditions. The EMG activities of the gluteus maximus (GM), vastus lateralis (VL), vastus medialis (VMO), tibialis anterior (TA), and gastrocnemius (GCM) muscles were recorded in five various single-leg decline squat exercises by surface electrodes and normalized by maximal voluntary isometric contraction (MVIC) values. The normalized EMG activity levels were compared using one-way ANOVA with repeated measures. The results of this study were as follows: 1) Exercises 2 and 4 produced significantly greater EMG activity of VMO than did exercise 1 ( $p_{adj} < .05/10$ ), 2) The VMO/VL ratio of EMG activity of exercise 4 was the highest, producing a significantly greater ratio than exercise 1 ( $p_{adj} < .05/10$ ). These results show that single-leg lateral oblique decline squat exercise is the best exercise for selective strengthening of VMO, and the posture of the contralateral leg does also affect strengthening of VMO, but we'll need to research patellofemoral joint compression for clinical application of single-leg lateral oblique decline squat exercises.

**Key Words:** Patellofemoral pain syndrome; Single-leg decline squat; Surface electromyography; VMO/VL ratio.

## I. 서론

현재 시행되고 있는 무릎 재활훈련은 대개 열린사슬(open chain)에서 하지신전거상(straight leg raise)이나 무릎 굽힘(flexion)운동과 펴기(extension)운동을 하는 것이다. 그러나 열린 사슬운동은 넙다리네갈래근의 힘이 증가함에 따라 무릎과 넙다리뼈의 접촉면이 적어지기 때문에 전단력(anterior shear force)을 증가시킨다(Grabiner 등, 1994; Grelsamer와 Weinstein, 2001; Lutz 등, 1993). 이에 비해 닫힌사슬운동(closed chain exercise)은 무릎넙다리 관절(patellofemoral joint)에서의 압박력 증가와 넙다리네갈래근과 뒷다리넓은근의 협력수축으로 전단력이 감소되며, 여러 관절의 움직임에 의한 기능적인 근동원 패턴(functional muscle recruitment patterns)을 제공할 수 있다(Grabiner 등, 1994; Grelsamer와 Weinstein, 2001; Lutz 등, 1993). Tang 등(2001)은 무릎넙다리 통증증후군 환자들에게 열린사슬운동과 닫힌사슬운동을 적용한 결과, 열린사슬운동보다 닫힌사슬운동 적용 시 안쪽빗넓은근/가쪽넓은근 근활성도의 비가 증가됨을 보고하면서, 안쪽빗넓은근의 선택적인 강화를 위해서는 무릎각도 45°에서 60° 사이의 스쿼트 운동(squat exercise)이 가장 효과적이라고 하였다.

내림 경사대에서 스쿼트 운동(decline squat exercise)은 앞으로 넘어지는 느낌 때문에 체간을 뒤로 이동시켜 그것을 보상하려 하고, 그로 인해 발목, 무릎, 체간, 머리가 모두 중력선의 후방으로 이동하게 되어 무릎관절을 펴게 하는 외부 모멘트를 증가시킨다(Oplia 등, 1988). 또한, 이런 상태에서의 스쿼트 운동은 장딴지근(gastrocnemius)과 큰볼기근(gluteus maximus)의 영향을 최소화할 수 있어 넙다리네갈래근에 많은 부하를 부여할 수 있다(Cook 등, 2000). Cannell 등(2001)은 내림 경사대에서 스쿼트 운동이 통증감소에 큰 효과를 보였다고 보고하면서 내림 경사대에서 스쿼트 운동은 외부의 부하가 필요하지 않기 때문에 특별한 훈련장비 없이도 가정에서 쉽게 적용할 수 있는 운동이라고 제시하였다. Cook 등(2001)은 25~30° 내림 경사대 스쿼트 운동에서 장딴지근의 영향을 최소화시킬 수 있었다고 보고하였다. 유원규 등(2004)은 무릎넙다리 통증증후군을 위한 지면에서의 다양한 양다리 스쿼트 운동과 25°

내림 경사대 스쿼트 운동자세에서 안쪽빗넓은근/가쪽넓은근 근활성도의 비를 알아본 결과, 내림 경사대에서 스쿼트 운동 시 근활성도의 비가 더 높게 나타났고 보고하였다. 현재 무릎의 기능향상을 위해 실시되고 있는 다양한 스쿼트 운동자세를 적용하였을 때, 내림 경사대에서 한 다리 스쿼트 운동(single-leg decline squat exercise)이 넙다리네갈래근의 평가, 근골격계 저항검사, 치료적 운동으로 가장 효과적이다(Purdam 등, 2004). 그러나 한 다리 스쿼트 운동 시 경사면의 형태나 자세 변화에 따른 연구는 이루어지지 않았다.

본 연구는 내림 경사대에서 한 다리 스쿼트 운동을 실시할 때 경사면의 형태, 반대편 다리의 위치, 그리고 경사대의 각도가 무릎주변근에 미치는 영향을 알아보기 위해 실시되었다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구의 목적과 방법에 대하여 실험 전에 연구대상자에게 충분히 설명한 후 실험 참여에 동의한 연세대학교 원주캠퍼스에 있는 일반성인 20명을 대상으로 실시하였다. 대상자들의 선정 조건은 다음과 같다.

- 1) 오른쪽 다리가 우세한 자
- 2) 발목관절과 무릎관절의 가동범위가 정상범위에 속하는 자
- 3) 현재 허리와 다리에 통증이 없는 자
- 4) 최근 6개월 이내 하지 근력 강화 운동을 하지 않은 자
- 5) 넙다리네갈래근 각(Q-angle)이 정상 범위인 자( $13\pm 5^\circ$ )(Ninos 등, 1997)

### 2. 실험 기기 및 도구

근전도 자료 수집을 위하여 DE-3.1 Double Differential Electrode<sup>1)</sup> 5개를 사용하였다. 근전도 신호를 1,000 Hz로 표집한 후, MP100 system<sup>2)</sup>를 이용하여 아날로그에서 디지털 신호로 전환하였다. 아날로그 신호는 60 Hz notch filter를 적용한 후, 완파 정류(full-wave rectification) 처리를 하고, root mean square(RMS)하여 컴퓨터 파일로 저장하였다. 자료저장과 처리를 위해

1) Delsys Inc. Boston, MA, U.S.A.

2) Biopack system Inc. Santa Barbara, CA, U.S.A.

AcqKnowledge 3.7.2(Biopack system Inc. Santa Barbara, CA, U.S.A.)를 사용하였다.

측정시 피험자가 정확한 실험자세를 유지하고 있는지 관찰하고, 무릎관절의 각도변화와 엉덩관절 회전으로 인한 영향을 최소화하기 위하여 삼차원 동작분석기(CMS-HS)<sup>3)</sup> 단일표식자 3개를 오른쪽 대퇴 외측부와 무릎관절 그리고 종아리 외측부 중심선상에 부착하고, 삼중표식자 2개는 오른쪽 무릎관절 외측부와 위앞엉덩뼈가시(anterior superior iliac spine)에 부착하여 무릎관절의 각도변화나 엉덩관절의 회전을 관찰하였다. 무릎관절과 엉덩관절이 5° 이상 나타난 경우에는 자료를 삭제하였다. 각도는 WinData 2.19(Zebris Medizintechnik, GmbH. Isny, Germany)를 이용하여 각 표식자의 삼차원상을 좌표로 측정하였다.

다양하게 경사각도를 변화시킬 수 있는 경사대를 제작하여 사용하였고, 골반의 회전으로 인한 오염변인을 줄이기 위해서 골반지지대를 제작하여 대상자들의 양측 위뒷엉덩뼈가시(posterior superior iliac spine)를 골반지지대에 지지한 상태에서 운동을 실시하도록 하였다.

### 3. 대상자 준비

본 실험에 참가하기에 앞서 모든 대상자들의 발목과 무릎관절의 가동범위, 체중, 넙다리네갈래근 각을 측정하였다(Witvrouw 등, 2004). 넙다리네갈래근 각을 얻기 위해 발을 중립상태로 위치하게 한 후 각도기의 축을 무릎뼈 중심부위에 위치하도록 하고, 위앞엉덩뼈가시에서 무릎뼈 중심을 연결한 선과 무릎뼈 중심에서 정강뼈 조면 사이를 연결하는 선이 이루는 각도를 측정하였다.

측정의 정확성을 높이기 위해 각도기 끝에 위앞엉덩뼈가시와 무릎뼈를 잇는 끈을 달아 측정하였다(Paulos 등, 1980).

모든 대상자의 오른쪽 다리에 전극을 붙일 위치를 정하고 면도한 후 알코올로 닦았다. 큰볼기근은 엉치뼈에서 엉덩관절을 잇는 대각선상의 1/2지점에서 약간 윗부분에, 안쪽빗넓은근은 무릎에서 내측 60° 대각선 방향으로 2 cm 지점에, 가쪽넓은근은 무릎 중앙선 기준으로 3~5 cm위의 바깥쪽 지점에, 앞정강근(tibialis anterior; TA)은 무릎에서 바깥쪽 발목의 1/3거리의 근팽대부 지점에, 장딴지근은 내측 근팽대부의 하외측면 지점에 근전도 전극을 부착하였다(Cram 등, 1998). 모든 관절 가동범위와 넙다리네갈래근 각의 측정, 전극부착은 동일한 실험자가 실시하였고, 실험에 참여하기에 앞서 모든 대상자에게 한 다리 스쿼트 운동에 대한 방법을 교육하였다.

### 4. 실험 방법

개인의 차이가 결과에 영향을 미칠 수 있으므로 운동에서 얻은 값들은 다음과 같은 자세에서 4초 동안의 최대등척성수축(maximal voluntary isometric contraction; MVIC)을 3번 반복측정한 평균값으로 정량화(normalization)하였다.

가쪽넓은근과 안쪽빗넓은근은 엉덩관절을 90°로 유지하고 앉아 체간을 고정하고, 무릎각도 80°에서 무릎을 펴는 자세에서 측정하였고(Newman 등, 2003), 큰볼기근은 엎드려서 무릎을 90°로 구부린 채 엉덩관절 펴는 자세, 장딴지근은 엎드려서 바닥쪽 굽힘(plantar

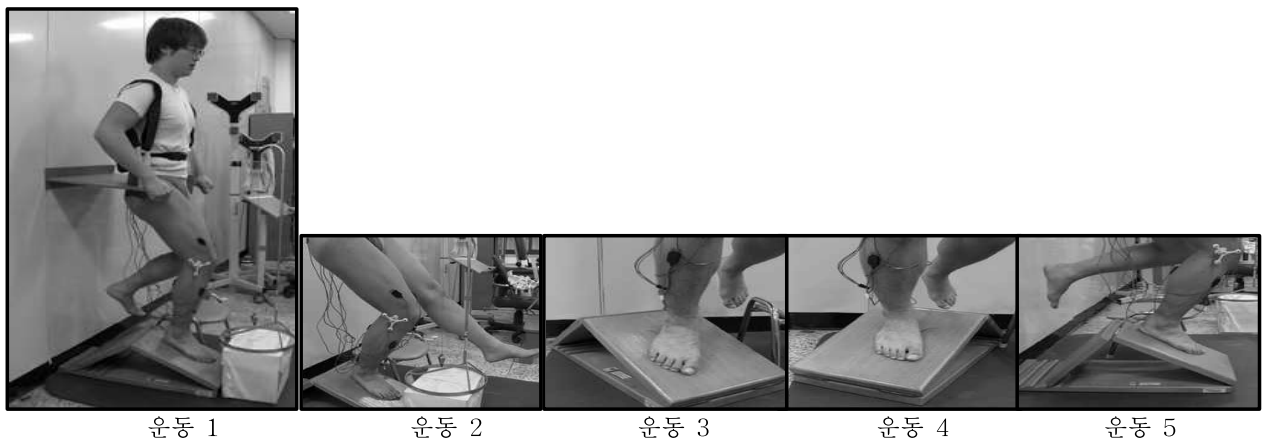


그림 1. 내림 경사대에서 5가지 한 다리 스쿼트 운동자세

3) Zebris Medizintechnik, GmbH. Isny. Germany.

flexion) 0°로 하고 발을 바닥쪽으로 굽히는 자세, 앞정강근은 바로 누워서 뒤굽힘(dorsiflexion) 0°로 하고 발을 뒤로 굽히는 자세에서 최대저항을 주면서 측정하였다(Isear 등, 1998). 실험은 내림 경사대에서 5가지 한 다리 스쿼트 운동이었고, 운동 순서는 제비뽑기를 이용하여 무작위로 결정하였다. 대상자는 발의 위치가 그려져 있는 내림 경사대에서 오른발로 무릎굴곡 상태를 유지하는 등척성 한 다리 스쿼트 운동을 실시하였다. 무릎각도는 많은 연구들을 통해 안쪽빗넓은근의 선택적인 강화에 유의한 증가를 얻어낸 60° 굴곡자세로 설정하였다(Escamilla 등, 2001; Isear 등, 1998; McCaw와 Melrose, 1999; Tang 등, 2001). 실험 전 발바닥 위치가 그려진 내림 경사대 위에 오른발을 올려 놓고 왼발은 보조받침대 위에 올려 놓게 하였다. 보조받침대를 치우기 직전 미리 무릎각도를 지시해 주어 실험 시 자세유지를 위한 움직임을 최소화하도록 하였다. 양측 위뿔엉덩뼈가시를 골반지지대에 대고 체간은 곧게 편 상태로 기대지 않게 하면서 양손을 가볍게 골반지지대 앞에 올려놓게 하였다. 연속적인 측정으로 인해 발생할 수 있는 근피로를 최소화하기 위해서 각 운동 후 3분간의 휴식을 취하도록 하였다. 삼차원 동작분석기를 오른쪽 무릎에 부착하여 주시하였고, 대상자의 올바른 자세를 돕기 위하여 무게추가 달려있는 정렬선(pendulum alignment line)을 설치하였다. 각각의 등척성 스쿼트 운동은 6초간 실시하였고, 처음 1초와 마지막 1초를 제외한 4초 동안 측정된 근전도 값을 자료분석에 사용하였다. 본 연구에서 적용된 운동자세는 다음과 같다.

운동 1은 25° 내림 경사대에서 오른쪽 다리는 무릎각도 60°를 유지하면서 발은 전방을 향하고, 운동하지 않는 왼쪽 다리는 뒤로 굽히는 한 다리 스쿼트 운동 자세였고(Cook 등, 2001; Purdam 등, 2003), 운동 2는 운동 1에서 굽혔던 왼쪽다리를 앞으로 뺀 운동자세, 운동 3은 운동 1에서 발의 방향은 변화 없이 경사대만 30° 안쪽 회전한 안쪽빗 내림 경사대에서 한 다리 스쿼트 운동자세, 운동 4는 운동 1에서 발의 방향은 변화 없이 경사대만 30° 바깥쪽 회전한 가쪽빗 내림 경사대에서 한 다리 스쿼트 운동자세, 운동 5는 운동 1에서 경사대를 40°로 상승시킨 운동자세였다(그림 1).

### 5. 분석 방법

일반적인 남자를 대상으로 내림 경사대에서 5가지 한 다리 스쿼트 운동 시 각 근육들의 근활성화도와 각

각의 운동자세에 따른 안쪽빗넓은근/가쪽넓은근 근활성도의 비를 알아보기 위해 반복측정된 일요인 분산분석(one-way repeated ANOVA)을 실시하였고, 본페로니수정법(Bonferroni's correction)으로 사후검정을 하였다. 통계적 유의성을 검정하기 위해 유의수준  $\alpha$ 는 .05로 정하였고, 수집된 자료는 상용통계프로그램인 윈도용 SPSS version 12.0 프로그램을 이용하여 분석하였다.

## III. 결과

### 1. 연구대상자의 일반적 특성

연구대상자의 특성은 다음과 같다(표 1). 연구 대상자들의 님다리네갈래근 각은 평균 9.7°로 모두 정상 범위에 포함되었고, 대상자의 평균나이는 23.4세였으며, 평균체중은 64.7 kg, 평균신장은 173.2 cm이었다.

표 1. 연구대상자의 일반적 특성 (N=20)

일반적인 특성	평균±표준편차	범위
나이(세)	23.4±3.5	21~26
체중(kg)	64.7±9.9	64~78
신장(cm)	173.2±5.9	169~184
Q각(°)	9.7±2.3	8~12

### 2. 큰볼기근, 안쪽빗넓은근, 가쪽넓은근, 앞정강근, 장딴지근의 근활성도(%MVIC)

운동조건에 따른 큰볼기근, 안쪽빗넓은근, 가쪽넓은근, 앞정강근, 장딴지근의 경사면과 자세변화에 대한 근활성도(%MVIC)의 차이를 알아보기 위하여 반복측정된 일요인 분산분석을 실시한 결과, 안쪽빗넓은근, 가쪽넓은근, 앞정강근에서 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ )(표 2).

운동 1과의 근활성도를 비교하여 볼 때, 운동 2와 운동 4에서 안쪽빗넓은근의 근활성도가 유의하게 증가하였고( $p_{adj} < .05/10$ )(그림 2), 운동 2와 운동 3에서는 앞정강근의 근활성도가 유의하게 증가하였다( $p_{adj} < .05/10$ )(표 2)(표 3)(그림 3).

**표 2.** 5가지 운동자세에 따른 근활성도(%MVIC)의 반복측정된 일요인 분산분석

근육	평방합	자유도	평방평균	F	p
큰볼기근	145.913	4	36.478	1.536	.200
안쪽빗넓은근	5172.671	4	1293.168	15.370	.000
가쪽넓은근	3558.318	4	889.579	5.203	.001
앞정강근	5753.552	4	1438.388	14.219	.000
장딴지근	457.026	4	114.257	3.777	.107

**표 3.** 5가지 운동자세에 따른 근활성도(%MVIC)

근육	운동종류				
	운동1	운동2	운동3	운동4	운동5
큰볼기근	19.33±7.84 <sup>a</sup>	16.14±6.12	16.25±6.47	17.39±7.81	18.22±9.06
안쪽빗넓은근	84.61±17.61	100.70±18.89*	83.98±19.81	100.02±21.08*	92.54±21.83
가쪽넓은근	90.46±21.74	96.82±26.36	86.78±22.02	95.46±32.05	104.3±29.06
앞정강근	50.29±17.51	36.31±16.54*	31.91±12.61*	43.13±16.73	51.23±20.32
장딴지근	16.48±11.65	10.71±7.26	10.57±8.54	12.31±7.67	12.76±6.67

<sup>a</sup>평균±표준편차, \*운동1과 비교시  $P_{adj} < .05/10$

**표 4.** 안쪽빗넓은근/가쪽넓은근 근활성도(%MVIC)의 비에 대한 반복측정된 일요인 분산분석

비	평방합	자유도	평방평균	F	p
안쪽빗넓은근 /가쪽넓은근	1.026	4	.256	7.649	.000

**표 5.** 안쪽빗넓은근/가쪽넓은근 근활성도(%MVIC)의 비

비	한 다리 스쿼트 운동				
	운동1	운동2	운동3	운동4	운동5
안쪽빗넓은근 /가쪽넓은근	1.12±.21 <sup>a</sup>	1.27±.25	1.16±.22	1.34±.23*	1.06±.22

<sup>a</sup>평균±표준편차, \*운동1과 비교시  $P_{adj} < .05/10$

### 3. 안쪽빗넓은근/가쪽넓은근 근활성도(%MVIC)의 비

각 운동조건에 따른 안쪽빗넓은근/가쪽넓은근 근활성도(%MVIC)의 비 차이를 알아보기 위하여 반복측정된 일요인 분산분석을 실시한 결과, 유의한 차이를 보였다 ( $p < .05$ )(표 4).

운동 1과의 안쪽빗넓은근/가쪽넓은근 근활성도의 비

를 비교하여 볼 때, 운동 4에서 유의하게 증가하였다 ( $P_{adj} < .05/10$ )(표 5)(그림 4).

## IV. 고찰

본 연구에서 기준자세로 설정된 운동 1은 많은 연구

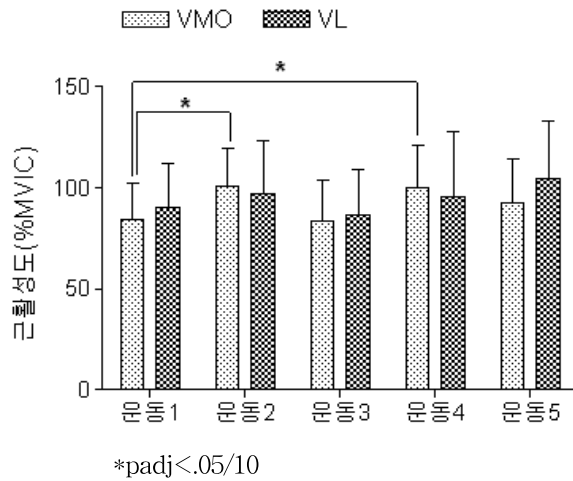


그림 2. 안쪽빗넓은근, 가쪽넓은근의 근활성도  
VMO: 안쪽빗넓은근, VL: 가쪽넓은근

- 운동1. 내림 경사대에서 한 다리 스쿼트 운동
- 운동2. 굽혔던 왼쪽다리를 앞으로 뺀 운동
- 운동3. 안쪽빗 내림 경사대에서 한 다리 스쿼트 운동
- 운동4. 가쪽빗 내림 경사대에서 한 다리 스쿼트 운동
- 운동5. 경사대를 40°로 상승시킨 운동

들을 통해 얻어진 내림 경사대에서 한 다리 스쿼트 운동자세로, 현재 무릎뎀다리 통증증후군을 위한 평가도구로 제시되고 있다(Cannell 등, 2001; Cook 등, 2000; Cook 등, 2001; Purdam 등, 2003; Purdam 등, 2004). 모든 운동은 무릎각도를 60°에서의 등척성 한 다리 스쿼트 운동이었다. 많은 연구들을 통해서 단련사슬운동 시 45°~60°에서(Cerny, 1995; Escamilla 등, 2001; Houghlum, 2004; McCaw와 Melrose, 1999; Tang 등, 2001) 또는 55°~70°에서 무릎뎀다리 통증증후군 환자들이 가장 많은 통증을 느꼈고(Cook 등, 2001; Purdam 등, 2003), 근활성도에 있어서도 안쪽빗넓은근/가쪽넓은근 근활성도의 비가 가장 높게 나타났다(Isear 등, 1998). 이런 무릎각도 범위는 임상적으로 매우 중요한 의미가 있으므로 무릎뎀다리 통증증후군 치료 시 적절한 적용이 필요하다(Purdam 등, 2003). 내림 경사대에서 한 다리 스쿼트 운동 시 많은 통증이 유발되는 것은 뎀다리네갈래근에 가해지는 부하가 증가되는 것을 의미한다(Cook 등, 2000 Purdam 등, 2003). Yack 등(1993)은 등척성 스쿼트 운동 시 체중부하를 가하지 않은 상태보다 체중부하를 준 상태에서 정강뼈의 전방전이가 더 작게 나타나며, 점차적인 체중부하의 증가는 정강뼈의 전방전이를 유발하지 않는다고 보고하였다.

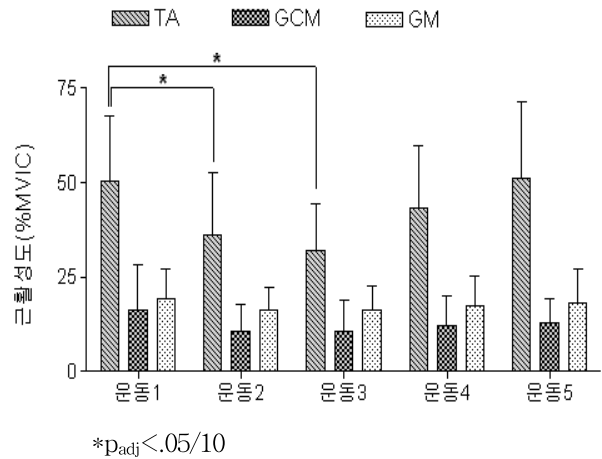


그림 3. 앞정강근, 장딴지근, 큰볼기근의 근활성도  
TA: 앞정강근, GCM: 장딴지근, GM: 큰볼기근

- 운동1. 내림 경사대에서 한 다리 스쿼트 운동
- 운동2. 굽혔던 왼쪽다리를 앞으로 뺀 운동
- 운동3. 안쪽빗 내림 경사대에서 한 다리 스쿼트 운동
- 운동4. 가쪽빗 내림 경사대에서 한 다리 스쿼트 운동
- 운동5. 경사대를 40°로 상승시킨 운동

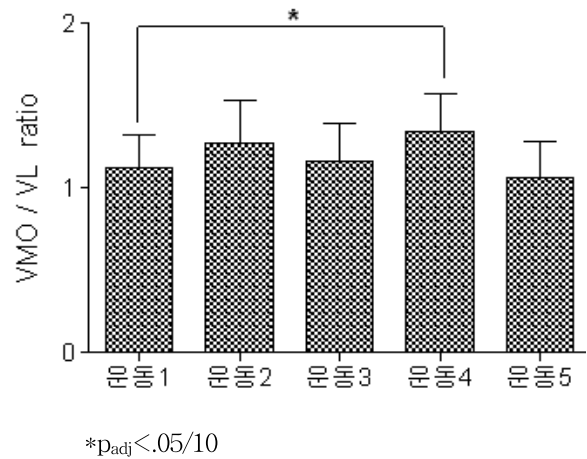


그림 4. 안쪽빗넓은근/가쪽넓은근 근활성 비  
운동1. 내림 경사대에서 한 다리 스쿼트 운동  
운동2. 굽혔던 왼쪽다리를 앞으로 뺀 운동  
운동3. 안쪽빗 내림 경사대에서 한 다리 스쿼트 운동  
운동4. 가쪽빗 내림 경사대에서 한 다리 스쿼트 운동  
운동5. 경사대를 40°로 상승시킨 운동

운동 2는 운동 1의 자세에서 운동을 하지 않는 다리의 위치 변화를 통한 무릎주변근의 변화를 비교한 운동

이었다. 운동하지 않는 반대편 다리를 앞으로 뻗어 하여 넓다리곧은근(rectus femoris)을 이완시켜 상지를 세우기 더욱 용이하게 하여 큰볼기근의 영향을 더욱 최소화하고 중력중심선의 이동을 가져오도록 하였다. 운동 1과의 근활성도를 비교하여 볼 때, 운동 2에서 안쪽빗넓은근의 근활성도가 유의하게 증가하는 동안 ( $p_{adj} < .05/10$ ), 앞정강근의 근활성도는 유의하게 감소하였다( $p_{adj} < .05/10$ ). 이는 무릎에 가까이 있는 중력중심선이 엉덩관절쪽으로 이동하면서 넓다리네갈래근에 더 많은 저항이 가해진 결과라고 생각된다.

운동 3과 운동 4는 외부 모멘트 방향의 변화에 따른 영향을 알아보기로 하였다. 운동 3은 경사대의 내측회전을 이용한 안쪽빗 내림 경사대에서 한 다리 스쿼트 운동이었고, 운동 4는 경사대의 외측회전을 이용한 가쪽빗 내림 경사대에서 한 다리 스쿼트 운동이었다. 운동 1과 비교하였을 때, 운동 3에서는 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도에 유의한 차이가 없었으나, 운동 4에서는 안쪽빗넓은근 근활성도와 안쪽빗넓은근/가쪽넓은근 근활성도의 비가 유의하게 증가했다 ( $p_{adj} < .05/10$ ).

기존 연구에서는 넓다리네갈래근의 각이 증가하여 비정상적인 구조가 되면 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 기시와 정지거리에 영향을 미쳐 가쪽넓은근의 당김선이 짧아지게 되어 근육이 수축 상태에 대하여 당겨야 하기 때문에 가쪽넓은근이 수축하지 않을 때 보다 과사용 상태가 된다고 보고하였다(Earl 등, 2001; Escamilla 등, 2001; Hanten과 Schulthies, 1990). 하지만 넓다리네갈래근 각의 증가는 발의 아치(arch)를 무너뜨리고, 내측부에 과도한 긴장의 증가로 무릎넓다리 통증증후군의 직접적인 원인이 된다(Juhn, 1999). 그러므로 운동 적용 시 외에는 피해야 하는 자세이다. Crossley 등(2002)은 안쪽빗넓은근의 선택적인 강화를 위해 무릎뼈를 외측으로 밀거나 테이핑을 이용하여 외측으로 고정한 채 운동을 적용하는 것이 선택적인 안쪽빗넓은근 강화에 효과적이라고 보고하였다. 그러나 치료시간 외에 지속적인 외측당김 테이핑의 적용은 오히려 안쪽빗넓은근에 약화를 가져올 수 있으며, 방사선 촬영결과를 통해 큰 동작 운동 시에는 효과가 없다고 보고되었다(Pfeiffer 등, 2004).

그러나 본 연구에서 적용된 가쪽빗 내림 경사대에서 한 다리 스쿼트 운동은 넓다리네갈래근 각의 증가나 무릎뼈에 직접 저항을 가하는 것과는 달리 무릎에 가해지

는 외부모멘트의 방향이 가쪽빗 내림방향으로 작용함으로써 안쪽빗 방향으로 당기는 안쪽빗넓은근에 선택적인 저항을 부여하였을 것이라 생각된다. 또한 발의 자세에 대한 외측부인대의 전반적인 당김도 안쪽빗넓은근의 근활성도에 영향을 주었을 것으로 생각된다. 내측 무릎뼈 넓다리 인대는 전체 억제력의 60%를 사용하여 주로 굽힘상태에서 무릎뼈가 전이되는 것을 제한한다(Powers, 1998).

운동 5는 내림 경사대의 각도를 더욱 증가시켰을 때 무릎주변근의 근활성도의 변화를 알아보고자 적용된 운동이었다. 모든 근육에서 운동간에 유의한 차이가 없었고, 근활성도의 평균에서 보면 불안정한 자세를 유지하기 위해 주변 근육들의 긴장이 과도하게 증가되어 있었다. 그러므로 기존 연구에서 제시된 경사대 각도보다 각도를 증가시키는 것은 무릎넓다리 통증증후군의 평가나 치료에 있어서 효과적이지 않다고 생각된다.

근활성도를 통해 기존 연구에서 제시된 내림 경사대에서 스쿼트 운동이 큰볼기근과 장딴지근의 영향을 최소화하는 것을 확인할 수 있었고, 본 연구에서 적용된 다양한 내림 경사대에서 한 다리 스쿼트 운동들은 운동 1과 비교하였을 때, 큰볼기근과 장딴지근에서 유의한 차이가 없었다( $p_{adj} > .05/10$ ). 이것은 적용된 경사면의 변화가 내림 경사대에서 한 다리 스쿼트 운동 시 큰볼기근과 장딴지근의 역할을 최소화하려는 것에 영향을 미치지 않았음을 의미한다. 무릎뼈는 운동축으로부터 멀리 위치하는 넓다리네갈래근을 잡고 있으므로 지렛대의 받침점 역할을 통하여 무릎관절의 신전 효율을 증진시키고, 넓다리네갈래근 기전의 마찰 감소, 무릎에서 관절낭의 긴장 완화뿐만 아니라 넓다리뼈와 연골에 대한 보호기능을 지닌다. 이러한 무릎관절의 구조적인 손상으로 무릎넓다리 통증증후군이 유발되므로 관절의 생역학적인 기전을 정확하게 이해하는 것도 무릎의 재활을 위해서 함께 연구되어야 할 것이다.

내림 경사대에서 한 다리 스쿼트 운동은 임상적으로 치료의 효과를 재평가할 수 있는 매우 좋은 도구이며(Cook 등, 2000; Cook 등, 2001), 그 자체로도 치료의 효과를 볼 수 있는 운동이다(Purdam 등, 2003; Purdam 등, 2004). 본 연구에서 밝혀진 내림 경사대에서 한 다리 스쿼트 운동 시 가쪽빗 내림 경사대에서 한 다리 스쿼트 운동과 운동하지 않는 반대편 다리를 앞으로 뻗어 체간을 곧게 세우고, 중력중심선을 엉덩관절쪽으로 이동시킨 자세는 안쪽빗넓은근의 강화를 위한 적절한 자

세가 될 것이라 생각한다. 그러나 운동 4를 임상에서 적용하기 위해서는 지속적으로 할 때 무릎뼈와 넙다리 사이 그리고 무릎관절에 작용하는 압박력에 관한 연구가 필요할 것이다.

## V. 결론

본 연구는 최근 연구들을 통해 무릎넙다리 통증증후군을 위한 운동과 평가에 있어서 가장 효율적이라고 제시된 내림 경사대에서 한 다리 스쿼트 운동을 실시할 때, 경사대의 각도와 경사면의 변화 그리고 운동하지 않는 반대편 다리의 위치가 무릎주변근의 근활성도에 미치는 영향을 알아보려고 하였다.

운동 1은 기존연구에서 적용되었던 25° 내림 경사대에서 오른쪽 다리는 무릎각도 60°를 유지하면서 발은 전방을 향하고 운동하지 않는 왼쪽 다리는 뒤로 굽히는 한 다리 스쿼트 운동자세, 운동 2는 운동 1에서 뒤로 굽혔던 왼쪽다리를 앞으로 뺀 운동자세, 운동 3은 운동 1에서 발의 방향은 변화없이 경사대만 30° 안쪽 회전한 안쪽빗 내림 경사대에서 한 다리 스쿼트 운동자세, 운동 4는 운동 1에서 발의 방향은 변화없이 경사대만 30° 바깥쪽 회전한 가쪽빗 내림 경사대에서 한 다리 스쿼트 운동자세, 운동 5는 운동 1에서 경사대 각도를 40°로 증가시킨 운동자세였다.

연구 결과 운동 1과 비교하였을 때, 근활성도에 있어서는 운동 2와 운동 4에서 안쪽빗넓은근이 유의하게 증가하였고( $p_{adj} < .05/10$ ), 안쪽넓은근/가쪽넓은근 근활성도의 비에 있어서는 모든 운동들 중 운동 4에서 유의하게 증가하였다( $p_{adj} < .05/10$ ).

본 연구에서 밝혀진 경사면과 자세변화에 따른 안쪽빗넓은근/가쪽넓은근 근활성도의 비는 내림 경사대에서 한 다리 스쿼트 운동을 안쪽빗넓은근의 선택적인 강화를 위한 운동 시 적절한 자세를 정할 수 있는 기초 자료가 될 것이다.

## 인용문헌

유원규, 이충휘, 이현주. 정적인 스쿼트 운동시 복합적인 하지의 자세가 가쪽넓은근과 안쪽빗넓은근의 근활성도에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지.

2004;11(3):1-9.

Blond L, Hansen L. Patellofemoral pain syndrome in athletes: A 5.7 year retrospective follow-up study of 250 athletes. *Acta Orthop Belg.* 1998;64:393-400.

Cannell LJ, Taunton JE, Clement DB, et al. A randomised clinical trial of the efficacy of drop squat or leg extension/leg curl exercises to treat clinically diagnosed jumper's knee in athletes. *Br J Sports Med.* 2001;35:60-64.

Cerny K. Vastus medialis oblique/vastus lateralis muscle activity ratios for selected exercise in persons with and without patellofemoral pain syndrome. *Phys Ther.* 1995;75(8):672-682.

Cook JL, Khan K, Maffuli N, et al. Overuse tendinosis, not tendinitis: Applying the new approach to patellar tendinopathy. *Phys Sports Med.* 2000;28(6):31-46.

Cook JL, Khan KM, Purdam CR. Conservative treatment of patellar tendinopathy. *Phys Ther Sports.* 2001;2:54-65.

Cram JR, Kasman GS, Holtz J. *Introduction to Surface Electromyography.* Maryland, Aspen, 1998:360-374.

Crossley KM, Cowan SM, Bennell KL, et al. Patellar taping: Is clinical success supported by scientific evidence? *Man Ther.* 2000;5(3):142-150.

Earl JE, Schmitz RJ, Arnold BL. Activation of the VMO and VL during dynamic mini-squat exercises with and without isometric hip adduction. *J Electromyogr Kinesiol.* 2001;11:381-386.

Escamilla RF, Fleisig GS, Zheng N, et al. Effects of technique variations on knee biomechanics during the squat and leg press. *Med Sci Sport Exerc.* 2001;33(9):1552-1566.

Grabiner M, Koh T, Draganich L. Neuromechanics of the patellofemoral joint. *Med Sci Sports Exerc.* 1994;26(1):10-21.

Grelsamer R, Weinstein CH. Applied biomechanics of the patella. *Clin Orthop.* 2001;389:9-14.

Hanten WP, Schulthies SS. Exercise effect on electromyographic activity of the vastus medialis



- oblique and vastus lateralis muscles. *Phys Ther.* 1999;70(9):561-565.
- Houglum PA. Concepts in rehabilitation of patellofemoral pain syndrome. *Human Kinetics.* 2004;9(3):66-71.
- Isear JA, Erickson JC, Worrell TW. EMG analysis of lower-extremity muscle recruitment patterns during an unloaded squat. *Med Sci Sport Exerc.* 1998;29:535-539.
- Lutz GE, Palmitier RA, An KN, et al. Comparison of tibiofemoral joint forces during open-kinetic-chain and closed-kinetic-chain exercises. *J Bone and Joint Surg.* 1993;75(5):732-739.
- Juhn MS. Patellofemoral pain syndrome: A review and guidelines for treatment. *Am Fam Physician.* 1999;60(1):2012-2022.
- McCaw ST, Melrose DR. Stance width and bar load effects on leg muscle activity during the parallel squat. *Med Sci Sport Exerc.* 1999;31:428-436.
- Miller J, Sedory D, Croce R. Vastus medialis obliques and vastus lateralis activity in patients with and without patellofemoral pain syndrome. *J Sport Rehabil.* 1997;6:1-10.
- Newman SA, Jones G, Newham DJ. Quadriceps voluntary activation at different joint angles measured by two stimulation techniques. *Eur J Appl Physiol.* 2003;3:836-840.
- Ninos JC, Irrang JJ, Burdett R, et al. Electromyographic analysis of the squat performed in self-selected lower extremity neutral rotation and 30° of lower extremity turn-out from the self-selected neutral position. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1997;25(5):307-315.
- Opila KA, Wagner SS, Schiowitz S, et al. Postural alignment in barefoot and high-heeled stance. *Spine.* 1988;13(5):542-547.
- Paulos L, Rusche K, Johanson C, et al. Patellar malalignment: A treatment rationale. *Phys Ther.* 1980;60(12):1624-1632.
- Pfeiffer RP, Debeliso M, Shea KG, et al. Kinematic MRI assessment of McConnell taping before and after exercise. *Am J Sports Med.* 2004;32(3):621-628.
- Powers CM. Rehabilitation of patellofemoral joint disorders: A critical review. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1998;28(5):345-354.
- Purdam CR, Cook JL, Hopper DM, et al. Discriminative ability of functional loading tests for adolescent jumper's knee. *Phys Ther Sport.* 2003;4:3-9.
- Purdam CR, Jonsson P, Alfredson H, et al. A pilot study of the eccentric decline squat in the management of painful chronic patellar. *Br J Sports Med.* 2003;38:395-397.
- Soderberg GL, Cook TM. Electromyography in biomechanics. *Phys Ther.* 1984;12(64):1813-1820.
- Soderberg GL, Knutson KM. A guide for use and interpretation of kinesiological electromyographic data. *Phys Ther.* 2000;80(5):485-498.
- Tang S, Chen CK, Hsu R, et al. Vastus medialis obliquus and vastus lateralis activity in open and closed kinetic chain exercise in patients with patellofemoral pain syndrome. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;83:1441-1445.
- Witvrouw E, Danneels L, Tiggelen DV, et al. Open versus closed kinetic chain exercises in patellofemoral pain. *Am J Sports Med.* 2004;32(5):1122-1130.
- Yack H, Collins CE, Whieldon TJ. Comparison of closed and open kinetic chain exercise in the anterior cruciate ligament-deficient knee. *Am J Sports Med.* 1993;21(1):49-54.

---

논문접수일 2005년 5월 24일

논문게재승인일 2005년 8월 4일