

건강한 여성에 대한 근전도를 이용한 생체되먹이기 훈련이 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성비와 개시시간에 미치는 영향

김현희 · 송창호

삼육대학교 물리치료학과

The Effect of Electromyographic Biofeedback Training on the VMO/VL Electromyographic Activity Ratio and Onset Timing in Women without Knee Pathology

Hyun-hee Kim, PT, MS, Chang-ho Song, PT, PhD

Department of Physical Therapy, Sahmyook University

<Abstract>

Purpose : The purpose of this study was to investigate the VMO/VL ratio and onset timing using EMG biofeedback training over a 5-day period.

Methods : Twenty-one healthy female college students with no known right knee musculoskeletal dysfunction were recruited this study. Muscle activity was measured by surface electromyography(Myosystem 1400A, Noraxon Inc., U.S.A). Statistical analysis was used two-way repeated ANOVA to know difference between the vastus lateralis and vastus medialis oblique onset timing differences, VMO/VL ratio.

Results : Biofeedback training group significantly improved VMO/VL ratio and EMG activity of the vastus medialis oblique after intervention.

Conclusion : These result indicate that biofeedback training on the vastus medialis oblique has effect on the VMO/VL ratio. EMG biofeedback can be recommended for the facilitation of VMO muscular recruitment.

Key Words : Biofeedback, Onset timing, Surface electromyography, VMO/VL ratio

I. 서 론

무릎넙다리통증증후군(patellofemoral pain syndrome, PFPS)은 정형외과적 환자에게 발생하는 가장 일반

교신저자 : 송창호, E-mail: chsong@syu.ac.kr

논문접수일 : 2010년 10월 02일 / 수정접수일 : 2010년 11월 15일 / 게재승인일 : 2010년 11월 17일

적인 무릎 관절의 병변 중 하나이다(Grabiner 등, 1994). 무릎넓다리통증증후군은 무릎넓다리관절의 신체역학적 변화로 인하여 무릎뼈가 비정상적인 위치로 움직이거나 무릎관절의 과도한 사용이 주요 원인이며, 안쪽빗넓은근(vastus medialis obliquus, VMO)과 가쪽넓은근(vastus lateralis, VL)의 협응감소로 인해 발생한다고 하였다(LaBella, 2004). 이러한 이유 때문에 무릎넓다리통증증후군 환자의 재활프로그램에서 기본적 치료목표가 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 균형을 재정립시키는 것이다.

안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근은 조직학적, 형태학적으로 다른 차이점을 가지고 있다. 근육 생검을 통한 연구에서 긴안쪽넓은근은 I형 섬유의 비율이 가장 높았으며, 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근은 II형 섬유의 비율이 높은 것으로 나타났다(Travnik 등, 1995). 이러한 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 조직학적 특성으로 인해 일상생활동작과 같은 능동적 활동시 두 근육의 작용이 중요하게 대두되며, 움직임과 관련된 임상연구에서 두 근육의 활성화에 초점을 맞추는 것은 타당할 것이다.

정상인에서 가쪽넓은근에 대한 안쪽빗넓은근의 비율은 약 1:1로 보고되고 있지만(Souza와 Gross, 1991), 무릎넓다리통증증후군 환자에 대해서는 다양한 결과들로 보고되고 있다. Powers(2000)는 무릎넓다리통증증후군 환자군과 정상군의 가쪽넓은근에 대한 안쪽빗넓은근의 근활성비가 0.54와 0.85라고 보고하였으며, Makhsous 등(2004)도 등척성 무릎신전시 가쪽넓은근에 대한 안쪽빗넓은근(VMO/VL)의 표면 근전도 진폭비가 정상인과 비교했을 때 더 낮았다고 보고하였다. 이러한 근활성비의 감소는 과도한 바깥쪽 당김으로 인해 무릎뼈가 정상적인 진로를 벗어나게 하므로 무릎관절복합체에 문제를 발생시킬 것이다.

안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 개시시간 차이는 무릎넓다리통증증후군의 진단과 분석의 평가 도구로 활용되고 있다(Wong과 Ng, 2006). 정상인의 무릎관절 움직임시 열린고리(open-looped) 신경근 조절기전으로 안쪽빗넓은근은 무릎뼈가 적절한 내측 안정성을 생산하도록 가쪽넓은근보다 조기에 활성화된다고 하였다(Neptune 등, 2000). 그러나, 이전의

여러 연구에서 무릎넓다리통증증후군을 호소하는 환자의 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 개시시간을 조사하였지만, 통일된 합의를 이끌어 내지는 못하였다. 몇몇 연구에서 무릎넓다리통증증후군 환자는 대조군과 비교하여 체중지지운동이나 비체중지지운동시 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 개시시간에 유의한 차이가 없었다고 하였다(Owings과 Grabiner, 2002; Powers 등, 1996).

닫힌사슬운동을 통해 근활성비의 증가를 확인한 몇몇 연구가 있다. 남기석(2008)은 무저항 상태에서 스쿼트 운동과 탄력밴드를 이용해 전외측 45도 저항을 준 상태에서 스쿼트 운동, 외측 90도 저항을 준 상태에서 스쿼트 운동을 비교해 가쪽넓은근에 대한 안쪽빗넓은근의 근활성비 증가를 확인하였으며, Conqueiro 등(2005)은 엉덩관절 최대 모음상태에서 실시한 45도 스쿼트 운동이 일반적 스쿼트 운동보다 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성을 증가시키는 것을 확인하였다. 이와같이 체중지지를 통한 닫힌사슬운동(closed chain exercise)은 무릎넓다리관절의 압박력과 넓다리네갈래근과 뒤넓다리근의 협력수축을 통해 전단력 발생이 감소하므로(Grelsamer와 Klein, 1998), 다관절 움직임에 의한 기능적 근동원 패턴(functional recruitment patterns)을 제공한다 고 하였다(de Looze 등, 1993).

열린사슬운동은 넓다리네갈래근의 힘이 증가함에 따라 무릎뼈와 넓다리뼈의 접촉면이 적어지므로 전단력을 증가시키고, 전십자인대에 과긴장과 비기능적인 근동원 패턴(nonfunctional muscle recruitment patterns)을 유발시킨다고 하여(Grabiner 등, 1994), 넓다리네갈래근을 전체적으로 강화시키지 못하므로 환자에게 적용하기 어렵다고 하였다(Tang 등, 2001). 그러나, Ng 등(2006)은 무릎넓다리통증증후군 환자에게 8주간 근력운동과 생체피드백 훈련을 실시하여 근력운동만 시행한 대조군 보다 근활성비가 높았다고 하였으며, Davlin 등(1999)은 엉덩관절의 자세에 따른 5일간의 생체피드백 훈련 후 자세에 따른 근활성비의 차이는 없었지만, 모든 자세에서 근활성비가 증가하는 것을 확인하였다. 이와 같이 근전도를 이용한 생체피드백(biofeedback) 훈련은 열린사슬운동을 통해 실시하지만 선택적인 신경근

수축을 통해 환자에게 되먹이기 신호를 전달해 줄 수 있으며, 근 활성 패턴에 대한 즉각적인 정보를 전달해 주기 때문에 무릎뱀다리통증증후군 환자에게 발생하는 무릎뱀의 가쪽끝림을 수정하여 안쪽빗넓은근을 선택적으로 강화시킬 수 있다고 하였다 (Dursun 등, 2001).

이와 같이 여러 선행연구를 통해 무릎관절의 안정성을 높이기 위해 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성비와 개시시간의 변화를 위한 다양한 운동방법들이 사용되어지고 있으며, 닫힌사슬운동과 열린사슬운동이 혼용되어 사용되고 있다. 그러나 두 운동법은 뱀다리네갈래근의 작용기전이 다르므로 무릎관절의 안정성에 미치는 영향도 차이가 있을 것으로 사료되어, 본 연구에서는 무릎뱀다리통증증후군 환자에 대한 보편적 접근 방법인 체중지지를 통한 스쿼트 운동과 비교하여 근전도 생체되먹이기 훈련이 가쪽넓은근에 대한 안쪽빗넓은근의 근활성비(VMO/VL)와 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성 개시시간 차이에 미치는 영향을 알아보려고 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구에 참가한 연구대상은 충청남도 소재 S대학 재학 중인 건강한 여학생으로 프로그램 참여에 동의한 21명을 대상으로 하였다. 연구에 참여한 대상자의 배제기준은 최근 무릎의 골관절염이나 근-힘줄 손상, 무릎뱀다리통증증후군이나 무릎 움직임의 제한이 있는 자로 하였다.

2. 연구 도구 및 자료수집

근육의 활동을 측정하기 위해 16채널 표면근전도(MyoSystem 1400A, Noraxon Inc., USA) 시스템을 사용하였으며, 보행의 입각기시 근전도 신호를 동조하기 위해 풋스위치(Inline Foot Contact Sensor, Noraxon Inc., USA)를 사용하였다. 원근전도(raw EMG)의 신호 저장과 처리를 위해 MyoResearch XP

master edition 1.06 프로그램을 사용하였다.

전극(T246H, 바이오프로텍, Korea)은 저알러지겔이 포함된 접착력이 있는 은/염화은 전극으로 두개의 전도성 영역의 직경은 1 cm이었으며, 전극간 거리는 2 cm 이었다.

안쪽빗넓은근(VMO)의 전극은 무릎뱀 위안쪽면으로 2 cm에 부착하였으며, 가쪽넓은근(VL)의 전극은 뱀다리뱀의 중앙선을 기준으로 무릎뱀 가쪽 3~5 cm에 부착하였다(Cram 등, 1998).

최대 등척성 수의수축(maximum voluntary isometric contraction, MVIC)의 측정은 프로그램 시행 전 수행하였으며, 5~10분 동안 신장운동이나 저강도 유산소운동을 통해 준비운동을 시행한 후 시작하였다. 연구대상자는 무릎이 직각이 될 수 있는 높이의 의자에 두 팔을 가슴 앞에 교차시킨 후 허리를 곧게 펴고 앉는다. 골반을 안정시키기 위해 뱀다리는 벨크로를 이용하여 의자에 견고히 고정시켰다. 저항에 대해 등척성 무릎 관절 펌의 시작을 알리는 5초간의 비퍼소리 동안 대상자는 최대 강도의 힘을 발휘할 수 있도록 수축력을 증가시켰으며, 5초 중 앞과 뒤에서 1초씩을 제외한 가운데 3초를 가지고 최대



Fig 1. Maximal isometric knee extension

등척성 수의수축을 평가하였다. 세 번의 시기에서 기록된 값 중에서 가장 높은 평균값을 해당 근육의 최대 수의수축 값으로 결정하였다(Fig 1).

본 연구에서 대상자에 대한 운동은 5일 동안 진행되었다 첫째 날 훈련 전 사전검사를 시행하였으며, 첫째 날부터 다섯째 날까지 스쿼트 운동과 생체되먹이기 훈련을 실시하였다. 마지막 다섯째 날 모든 훈련을 종료 후 사후검사를 실시하였다(Davlin 등, 1999).

보편적 운동군은 5분 동안의 준비운동 후 본 운동을 실시하였으며, 본 운동 동안 무릎 펌근의 근력강화를 위해 스쿼트 운동을 정강뼈 중립상태에서 무릎 관절 60도 굽힘 상태로 10분간 시하였다(Witvrouw 등, 2003). 1회 스쿼트 운동은 약 30초 정도 실시하였으며, 운동간 1분의 휴식시간을 가졌다. 본 운동 후 5분간 넙다리네갈래근에 대한 신장운동을 실시하였다. 근전도를 이용한 생체되먹이기 훈련은 5분간의 준비운동과 마무리운동을 실시하였으며, 본 운동은 편안한 의자에 앉은 자세에서 무릎관절과 엉덩관절을 조절하여 가쪽넓은근의 근활성은 유지한 상태에서 안쪽빗넓은근의 근활성을 선택적으로 증가시키려고 하였다. 한 세트 동안 10번의 등척성수축을 시행하였으며, 각각의 등척성 수축은 10초 동안 수행되었고, 수축간 15초의 휴식을 가졌다(Ng

등, 2008). 세 번의 세트가 하나의 훈련기간이었다. 훈련하는 동안 대상자의 근피로를 감소시키기 위해 최대 등척성 수의수축을 통해 확인한 근전도량의 약 50%로 수축하도록 하였다. 또한, 오른쪽 넙다리네갈래근의 최대하 등척성수축을 하는 동안 안쪽빗넓은근의 수의수축을 확인하기 위해 모니터를 쉽게 볼 수 있는 위치에 놓아두었다(Fig 2).

보행을 통한 근활성비와 개시시간 차이는 풋스위치의 활성과 비교하여 결정하였다. 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근전도 자료(raw EMG)는 3번의 보행 동안 기록하였다. 연구대상자는 분당 96걸음의 편안한 보행속행 속도를 유지하며 7 m 거리를 왕복하였으며(Cowan 등, 2001), 자료수집은 전극을 부착한 오른쪽 다리가 세 번의 입각기를 이루는 동안 이루어졌다. 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 표준화된 근전도(normalized EMG)는 입각기 보행시 측정된 각 근육의 근전도 값을 최대 MVIC 값으로 나눈 % MVIC를 이용하였다. 가쪽넓은근에 대한 안쪽빗넓은근의 근활성비(VMO/VL)는 정규화된 안쪽빗넓은근의 진폭을 정규화된 가쪽넓은근의 진폭으로 나눈 값이었다.

안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근전도 개시시간은 뒷꿈치가 바닥에 닿기 전 200ms 동안 발생하는 평균 근전도 신호보다 적어도 3 표준편차를 초과하는 신호가 25ms 이상 발생되었을 때로 하였다(Boling 등, 2006). 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 개시시간이 결정되면 안쪽빗넓은근의 개시시간에서 가쪽넓은근의 개시시간을 빼서(VMO-VL) 개시시간 차이를 구하였다. 차이 값이 0을 나타낸다면 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근이 동시에 활성화된 것을 의미하며, 양음의 값을 나타낸다면, 안쪽빗넓은근의 개시시간이 가쪽넓은근보다 늦게 활성화된다는 것을 의미한다. 음의 값을 나타낸다면 안쪽빗넓은근의 개시시간이 가쪽넓은근보다 빠르게 활성화된 것을 의미한다(Cowan 등, 2003; Crossley 등, 2004).

3. 통계 처리

근전도를 이용한 생체되먹이기 훈련과 보편적 운동군의 가쪽넓은근에 대한 안쪽빗넓은근 근활성비

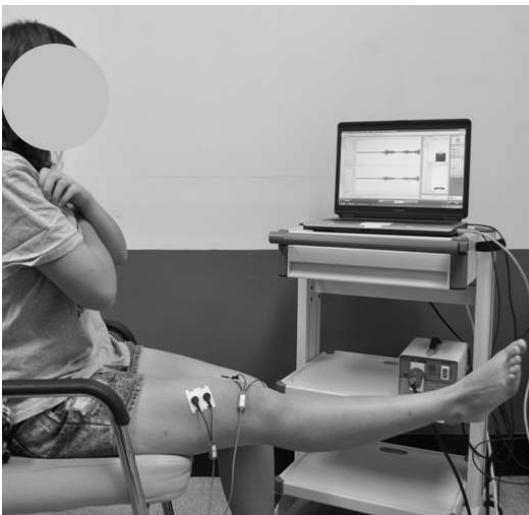


Fig 2. EMG biofeedback training

와 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 개시시간 차이를 확인하기 위해 반복측정된 이원분산분석을 이용하여 분석하였다. 모델은 하나의 대상간 요인(집단: 생체피드백 훈련군, 보편적 운동군)과 하나의 대상내 요인(검사: 중재 전, 중재 후)을 포함하였다. 분산분석을 통해 대상간 요인의 유의한 차이는 독립 t 검정(independent t test)을 이용하여 검정하였으며, 대상내 요인의 유의한 차이는 짝을 이룬 t 검정(paired t test)을 이용하여 검정하였다. 통계적 유의성을 검정하기 위해 유의수준은 .05로 정하였고, 수집된 자료는 상용통계프로그램인 윈도우 SPSS version 12.0k를 이용하여 분석하였다.

III. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

연구 대상자의 일반적 특성은 아래 Table 1과 같다.

2. 중재 전·후 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성 비교

보편적 운동군과 생체피드백 훈련군의 중재 전·후 가쪽넓은근에 대한 안쪽빗넓은근의 근활성비의 차이는 Table 2와 같다. 근활성비는 시기내 ($F_{1,19}=13.178, p=.002$)에 유의한 차이가 있었지만, 집단간, 집단×시기 상호작용효과에는 유의한 차이가 없었다. 안쪽빗넓은근 근활성도(%MVIC)는 시기내 ($F_{1,19}=5.587, p=.028$)에 유의한 차이가 있었지만, 집단간, 집단×시기 상호작용효과에는 유의한 차이가 없었다. 사후검정을 통해 생체피드백 훈련군의 근활성비는 중재 전 $.98\pm.23$ 에서 중재 후 $1.26\pm.28$ 로 유의하게 증가하였으며, 안쪽빗넓은근 근활성도(%MVIC)는 중재 전 34.73 ± 8.48 에서 중재 후 43.89 ± 9.35 로 증가하였다.

3. 중재 전·후 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 개시시간 비교

보편적 운동군과 생체피드백 훈련군의 중재 전·후 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 개시시간 차이는 Table 3과 같다. 안쪽빗넓은근의 개시시간, 가쪽넓은근의 개시시간, 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 개시시간 차이에는 시기내, 집단간, 집단×시기 상호작용효과에 유의한 차이가 없었다.

Table 1. General characteristics of the subjects

Variable	general exercise (n=11)	biofeedback training (n=10)	t	p
Age(years)	20.91±.54	21.50±1.51	-1.172	.266
Height(cm)	162.27±3.35	161.50±4.95	.423	.677
Body weight(kg)	55.45±5.41	54.00±4.11	.688	.500

Table 2. Electromyographic activity for general exercise and biofeedback training

Variable	general exercise (n=11)		biofeedback training (n=10)		F-value in two way repeated ANOVA		
	pretest	posttest	pretest	posttest	time	group	time×group
VMO/VL amplitude ratio	1.11±.35	1.19±.36	.98±.23	1.26±.28 [†]	13.178*	.045	3.618
VMO(%MVIC)	43.57±9.77	43.94±5.90	34.73±8.48	43.89±9.35 [†]	5.687*	2.028	4.841
VL(%MVIC)	40.99±8.87	38.39±6.35	36.65±10.76	35.62±7.20	1.011	1.224	.190

Values are means±SD

VMO : Vastus medialis oblique, VL : Vastus lateralis

*Significant difference($p<.05$) between pretest and posttest

†Significant difference($p<.05$) compared to pretest

Table 3. Onset timing for general exercise and biofeedback training

Variable	general exercise (n=11)		biofeedback training (n=10)		F-value in two way repeated ANOVA		
	pretest	posttest	pretest	posttest	time	group	time×group
VMO and VL onset timing difference(ms)	-7.90±16.35	-13.79±19.96	-1.51±14.26	-7.87±30.41	1.150	.731	.002
VMO onset(ms)	-122.84±38.10	-126.29±31.35	-107.63±32.23	-109.83±27.63	.322	1.401	.016
VL onset(ms)	-114.94±33.64	-112.50±30.45	-106.12±21.28	-101.96±29.85	1.376	.599	.094

Values are means±SD

VMO : Vastus medialis oblique, VL : Vastus lateralis

IV. 고 찰

본 연구는 물리치료 운동프로그램이 일상생활 동안 넙다리내갈래근의 근활성비와 개시시간을 변화시킬 수 있으며, 이러한 변화는 무릎넙다리통증증후군을 호소하는 환자의 통증 감소와 기능 개선을 위해 필수적이라는 전제로 시작하였다. 근전도를 이용한 생체피먹이기 훈련과 스쿼트 운동을 비교하여 기능적 일상생활 동작인 보행동안 가쪽넓은근에 대한 안쪽넓은근의 근활성비와 개시시간에 미치는 영향을 검증하고자 하였다.

가쪽넓은근에 대한 안쪽넓은근의 근활성비가 1보다 큰 것은 안쪽넓은근이 가쪽넓은근보다 정규화한 근활성도가 더 높다는 것을 나타낸다. 이처럼 더 큰 근활성비를 유발시키는 운동은 기능적 활동시 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성 패턴에 변화를 줄 것이다. 그러나, 무릎넙다리통증증후군 환자는 근활성비는 1보다 낮으므로 무릎뼈의 가쪽 주행을 의미있게 증가시켜 무릎넙다리통증증후군을 예견할 수 있는 요인이라고 하였다(Ficat과 Hungerford, 1977).

무릎넙다리통증증후군 환자에게 보편적으로 사용되는 체중지지운동 중 스쿼트 운동은 닫힌사슬운동(closed-chain exercise)으로 넙다리내갈래근의 근력 강화를 위해 실시되며, 특별한 기능적 요구에 대해 근조직의 활성화와 훈련을 위해 유익하다고 하였다(Kisner와 Colby, 2002). 남기석(2008)은 가쪽넓은근에 대한 안쪽넓은근의 근활성비를 증가시키기 위해 전외측 45도에서 무릎에 대한 저항과 함께 실시한 스쿼트 운동이 효과적이었다고 하였으며, Serrao

등(2005)은 무릎관절 90도 상태에서 레그프레스(leg press)를 이용한 등척성 저항시 엉덩관절의 자세에 따라 안쪽넓은근의 근활성에는 차이가 없었지만, 안쪽회전시 가쪽넓은근의 근활성이 감소하므로 근활성비가 증가한다고 하였다. 그러나, Herrington과 Pearson(2006)은 양쪽 엉덩관절의 중립, 안쪽돌림, 가쪽돌림 상태에서 실시한 등속성 무릎관절 펌 운동을 통해 자세에 따라 안쪽넓은근의 근활성도에는 영향을 미치지 못한다는 상반된 결과를 보였다. 본 연구에서는 엉덩관절의 자세 변화를 주지는 않았지만 스쿼트 운동 전후 가쪽넓은근에 대한 안쪽넓은근의 근활성비에 유의한 차이를 보이지 않았다.

Dursun 등(2001)은 60명의 무릎넙다리통증증후군 환자에게 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 균형 향상을 위해 보편적 치료와 병행하여 근전도 생체피먹이기 훈련을 실시하였으며, 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 평균 수축값이 대조군보다 유의하게 높게 나와 무릎관절의 기능과 통증 정도를 향상시켰다고 하였다. Davlin 등(1999)은 36명의 정상인에 대한 5일간의 생체피먹이기 훈련시 엉덩관절의 자세에 따른 근활성비는 중재 전후 1.028±.36에서 1.423±.37로 유의하게 증가하였다. 또한, Krebs(1981)는 단순한 반월연골절제술을 시행한 42명의 환자에게 근전도 생체피먹이기 훈련과 보편적 물리치료에 대한 넙다리근은근의 기능적 회복을 평가하였는데, 생체피먹이기 훈련군에서 훈련 전후 근전도 출력의 평균 차이가 보편적 운동군 보다 10배 더 높았다고 하였다. 이처럼 생체피먹이기 훈련을 통해 다양한 결과가 나왔으며, Ng 등(2008)은 생체피먹이기 훈련

을 병행한 넙다리내갈래근의 근력강화 훈련이 근활성비를 향상시키는데 효과적이므로 근거에 기초한 임상적 적용이 가능할 것이라 하였다. 본 연구에서 생체피드백 훈련군은 중재 전후 안쪽빗넓은근의 근활성도(%MVIC)가 증가하였으며, 가쪽넓은근에 대한 안쪽빗넓은근의 근활성비도 유의하게 증가하였다. 그러나, 본 연구에서 비교하고자 하였던 스쿼트 운동과 생체피드백 훈련은 두 군간에 유의한 차이를 확인할 수는 없었지만, 생체피드백 훈련군에서 안쪽빗넓은근의 근활성도가 훈련 후 증가하므로 가쪽넓은근에 대한 안쪽빗넓은근의 근활성비가 스쿼트 운동보다 증가하는 것을 알 수 있었다. 이처럼 생체피드백 훈련이 근활성비에 변화를 나타낸 것은 근육에 대한 지속적 감각입력과 운동단위의 동원을 촉진하도록 실시간으로 정보가 전달된 것으로 생각되며, 안쪽빗넓은근의 선택적 촉진을 위해 효과적으로 임상적 이용이 가능할 것이다.

표면근전도가 사용될 때, 혼합된 운동단위 활동 전위가 측정될 것이며, 컴퓨터 연산은 개시기준에 도달한 일정한 수의 동시적 운동단위 활성화에 의존하여 개시를 결정한다. 적은 수의 운동단위가 근 억제 때문에 사전검사에서 동시적으로 활성화되지 않았다면 근 활성을 위한 역치에 도달하지 못한 것이며, 개시시간의 지연이 나타날 것이다. 안쪽빗넓은근의 활성이 지연되면 가쪽넓은근이 동시에 활성화되거나 더 빨리 활성화되므로 넙다리뼈에 대해 무릎뼈를 정상보다 가쪽으로 이동시킬 수 있으므로 무릎넙다리통증증후군을 쉽게 야기할 수 있다(Voight와 Wieder, 1991). Neptune 등(2000)은 안쪽빗넓은근이 5 ms의 지연으로도 가쪽 무릎넙다리관절에 대한 압박력을 증가시킨다고 하였으며, 무릎넙다리통증증후군 환자의 통증을 감소시키기 위한 가장 실질적 기전은 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 개시시간 차이를 변화시키는 것이라고도 하였다(Boling 등, 2006). 본 연구에서 보편적 운동군과 생체피드백 훈련군의 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 개시시간 차이는 두 군간 유의한 차이가 없었으며, 중재 전후에도 차이가 없었다. 이와 같이 스쿼트 운동을 이용한 체중지지 운동과 안쪽빗넓은근에 대한 생체피드백 훈련이 근전도 개시시간에 영향을 미치지 못한 것

은 개시시간의 변화를 위한 의식적 수준의 근력운동이 의식적 조절을 넘어선 시간의 차이를 변화시키기 어려웠던 것으로 사료된다.

이와 같이 생체피드백 훈련은 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성비에는 영향을 미쳤지만, 개시 시간에는 변화를 보이지 않았으며, 스쿼트 운동은 유의한 변화가 없었다. 그러나, 본 연구는 정상인에 대한 연구로 중재기간이 5일로 짧았으며, 엉덩관절의 돌림, 무릎관절의 굽힘, 정강뼈의 돌림과 같이 안쪽빗넓은근의 근활성에 영향을 미치는 변수를 연구에 포함하지 못한 제한점을 가지고 있다. 앞으로의 연구에서는 본 연구를 바탕으로 다양한 변수를 이용한 생체피드백 훈련의 영향을 확인하고, 무릎넙다리통증증후군 환자에게 근전도 생체피드백 훈련을 적용하여 다양한 기능적 활동시 안쪽빗넓은근의 활성과 개시시간에 미치는 영향을 확인하는 것이 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구의 목적은 생체피드백 훈련이 가쪽넓은근에 대한 안쪽빗넓은근의 근활성비와 개시시간에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

연구의 결과는 다음과 같다.

1. 생체피드백 훈련군에서 중재 전후 가쪽넓은근에 대한 안쪽빗넓은근의 근활성비가 유의하게 증가하였다.
2. 생체피드백 훈련군에서 중재 전후 안쪽빗넓은근 근활성도(%MVIC)가 유의하게 증가하였다.

이상의 결과로 보아 안쪽빗넓은근에 대한 생체피드백 훈련이 가쪽넓은근에 대한 안쪽빗넓은근의 근활성비를 향상시킴으로써 무릎관절 안정성에 영향을 미칠 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 남기석. 동적 스쿼트 운동시 탄력밴드를 이용한 저항방향이 내측광근/외측광근 근전도 활성비에 미치는 영향. J Kor Soc Phys Ther. 2008;20(3):29-34.
- Boling MC, Bolgla LA, Mattacola CG, et al. Outcomes

- of a Weight-Bearing Rehabilitation Program for Patients Diagnosed With Patellofemoral Pain Syndrome. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87(11):1428-35.
- Coqueiro KR, Bevilaqua-Grossi D, Berzin F, et al. Analysis on the activation of the VMO and VLL muscles during semisquat exercises with and without hip adduction in individuals with patellofemoral pain syndrome. *J Electromyogr Kinesiol.* 2005;15(6):596-603.
- 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):183-9.
- Cowan SM, Bennell KL, Hodges PW, et al. Simultaneous feedforward recruitment of the vasti in untrained postural tasks can be restored by physical therapy. *J Orthop Res.* 2003;21(3):553-8.
- Cram JR, Kasman GS, Holtz J. *Introduction to surface electromyography.* Maryland, Aspen. 1998.
- Crossley KM, Cowan SM, Bennell KL, et al. Knee flexion during stair ambulation is altered in individuals with patellofemoral pain. *J Orthop Res.* 2004;22(2):267-74.
- Davlin CD, Holcomb WR, Guadagnoli MA. The effect of hip position and electromyographic biofeedback training on the vastus medialis oblique: vastus lateralis ratio. *J Athl Train.* 1999; 34(4):342-6.
- de Looze MP, Toussaint HM, van Dieen JH, et al. Joint moments and muscle activity in the lower extremities and lower back in lifting and lowering tasks. *J Biomech.* 1993;26(9):1067-76.
- Dursun N, Dursun E, Kili Z. Electromyographic biofeedback[ndash] controlled exercise versus conservative care for patellofemoral pain syndrome. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(12):1692-5.
- Ficat RP, Hungerford DS. *Disorders of the patellofemoral joint.* Baltimore, Williams & Wilkins. 1997.
- Grabiner MD, Koh TJ, Draganich LF. Neuromechanics of the patellofemoral joint. *Med Sci Sports Exerc.* 1994;26(1):10-21.
- Grelsamer RP, Klein JR. The biomechanics of the patellofemoral joint. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1998;28(5):286-98.
- Herrington L, Pearson S. Does level of load affect relative activation levels of vastus medialis oblique and vastus lateralis? *J Electromyogr Kinesiol.* 2006;16(4):379-83.
- Kisner C, Colby LA. *Therapeutic Exercise Foundations and Techniques (4th ed.).* Philadelphia, The F.A. Davis. 2002.
- Krebs DE. Clinical electromyographic feedback following meniscectomy. A multiple regression experimental analysis. *Phys Ther.* 1981;61(7):1017-21.
- LaBella C. Patellofemoral pain syndrome: evaluation and treatment. *Prim Care.* 2004;31(4):977-1003.
- Makhsous M, Lin F, Koh JL, et al. In vivo and noninvasive load sharing among the vasti in patellar malalignment. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(10):1768-75.
- Neptune RR, Wright IC, van den Bogert AJ. The influence of orthotic devices and vastus medialis strength and timing on patellofemoral loads during running. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2000;15 (8):611-8.
- Ng GYF, Zhang AQ, Li CK. Biofeedback exercise improved the EMG activity ratio of the medial and lateral vasti muscles in subjects with patellofemoral pain syndrome. *J Electromyogr Kines.* 2008;18(1):128-33.
- Owings TM, Grabiner MD. Motor control of the vastus medialis oblique and vastus lateralis muscles is disrupted during eccentric contractions in subjects with patellofemoral pain. *Am J Sports Med.* 2002;30(4):483-7.
- Powers CM. *Patellar Kinematics, Part I: The Influence*

- of Vastus Muscle Activity in Subjects With and Without Patellofemoral Pain. *Phys Ther.* 2000; 80(10):956-64.
- Powers CM, Landel R, Perry J. Timing and intensity of vastus muscle activity during functional activities in subjects with and without patellofemoral pain. *Phys Ther.* 1996;76(9):946-55; discussion 956-67.
- Serrao FV, Cabral CMN, Berzin F, et al. Effect of tibia rotation on the electromyographical activity of the vastus medialis oblique and vastus lateralis longus muscles during isometric leg press. *Phys Ther Sport.* 2005;6(1):15-23.
- Souza DR, Gross MT. Comparison of vastus medialis obliquus: vastus lateralis muscle integrated electromyographic ratios between healthy subjects and patients with patellofemoral pain. *Phys Ther.* 1991;71(4):310-16; discussion 317-20.
- Tang SF, Chen CK, Hsu R, et al. Vastus medialis obliquus and vastus lateralis activity in open and closed kinetic chain exercises in patients with patellofemoral pain syndrome: an electromyographic study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(10): 1441-5.
- Travnik L, Pernus F, Erzen I. Histochemical and morphometric characteristics of the normal human vastus medialis longus and vastus medialis obliquus muscles. *J Anat.* 1995;187(Pt 2):403-11.
- Voight ML, Wieder DL. Comparative reflex response times of vastus medialis obliquus and vastus lateralis in normal subjects and subjects with extensor mechanism dysfunction. An electromyographic study. *Am J Sports Med.* 1991;19(2): 131-7.
- Witvrouw E, Cambier D, Danneels L, et al. The effect of exercise regimens on reflex response time of the vasti muscles in patients with anterior knee pain: a prospective randomized intervention study. *Scand J Med Sci Sports.* 2003;13(4):251-8.
- Wong YM, Ng GYF. Surface electrode placement affects the EMG recordings of the quadriceps muscles. *Phys Ther Sport.* 2006;7(3):122-7.