

## 팔 내리기 동작 시 시각적 바이오피드백 훈련이 전거근과 상부 승모근의 근활성도에 미치는 영향

하성민  
연세대학교 대학원 재활학과  
민경진  
계명대학교 공중보건학과  
최홍식  
한서대학교 물리치료학과

### Abstract

#### Visual Biofeedback to Monitor Serratus Anterior and Upper Trapezius Muscle Activities During Arm Lowering

**Sung-min Ha, B.H.Sc., P.T.**

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

**Kyung-jin Min, Ph.D.**

Dept. of Public Health, Keimyung University

**Houng-sik Choi, Ph.D., P.T.**

Dept. of Physical Therapy, Hanseo University

To reduce winging scapula, various exercise protocols have been widely used by clinicians. Selective serratus anterior strengthening, and restoring balanced function, are especially recommended to reduce winging scapula. The purpose of this study was to investigate visual biofeedback using a real time video camera display system for monitoring scapular winging during arm lowering. For this study, 13 males with winging scapular were recruited during arm lowering. Electromyography (EMG) activity was recorded from the serratus anterior (SA) and upper trapezius (UT) of the right side and compared with normal EMG activity using a paired t-test. The study showed, through visual biofeedback, that EMG activity significantly increased in the SA and significantly decreased in the UT ( $p < .05$ ). These results suggest that visual biofeedback can be recommended as an effective method for scapular eccentric control, to prevent scapular winging during arm lowering.

**Key Words:** Electromyography; Visual-Biofeedback; Winging scapula.

### I. 서론

견갑골 익상(winging scapula)은 견갑골 내연(medial border)이 뜨고 하각(inferior angle)이 후방으로 돌출되는 증상으로 정의되는 자주 발생하는 견흉관절의 장애이다(Decker 등, 1999; Wood와 Frykman 1980). 상완총 신경(brachial plexus), 장흉 신경(long thoracic nerve),

견갑배 신경(dorsal scapular nerve)등의 신경학적 손상과 견갑골 주위의 근육 기능저하는 견갑골 익상을 일으키는 원인이 된다(Barnett 등, 1995).

견갑골 익상으로 인한 비정상적인 견갑상완리듬은 관절가동범위의 감소, 견갑골의 상방회전 제한, 그리고 상완골에 대한 관절와의 부적절한 위치로 인해 견갑절의 기능부전을 유발하고 견관절 주변 조직의 손상을 가져

오게 된다(Jobe와 Pink, 1993; Paine와 Voight, 1993).

견갑골 익상에 대한 치료는 환자 자신의 근육 일부를 이용한 수술적 전이술(transfer)이나 신경이식과 같은 수술적 요법이 효과적이라고 보고되었다(Bizot 등, 2003; Gregg 등, 1979; Lee 등, 2006; Novak과 Mackinnon, 2002; Tomaino, 2002). 하지만 대부분의 경우 수술적 방법보다는 견관절 기능장애의 예방과 재발을 위한 치료적 운동프로그램의 적용이 선호되고 있다. 많은 연구자들에 의해 견관절 안정근육 조절 능력 회복에 초점을 둔 운동프로그램이 널리 시행되고 있고 특히, 전거근 조절 능력 회복에 초점을 두고 있다(Ekstrom 등, 2004; Voight와 Thomson, 2000).

전거근은 흉쇄관절에 대한 회전의 수직축에 대해 전인을 하는데 있어 지렛대 작용을 한다. 견관절 전인의 힘은 관절와, 상완관절을 지나, 전방으로 전달되어 밀기와 손뻗기 등의 활동을 가능하게 해준다(Neumann, 2002). 또한, 전거근은 견갑골을 외전 및 상방회전 시키며 견갑골을 늑골곽(rib cage)에 대하여 편평하게 유지시키는 기능을 한다(Sahrmann, 2002). 이러한 견갑골 전인이 다른 근육에 의해 제공될 수 없다는 사실은 정상적인 견관절의 기능 유지에 전거근이 필수적인 요소임을 의미한다(Neumann, 2002).

따라서, 전거근의 기능저하가 나타난다면 견갑골 익상을 발생시킬 수 있다(Decker 등, 1999). 전거근의 기능저하는 다음과 같은 원인에 의해 발생할 수 있다. 첫째로, 근 마비 또는 근력약화로 인한 근 수축력의 문제, 둘째로, 근육 길이의 변화에 따른 문제, 셋째로, 상완골의 운동과 관련된 견갑골 운동의 타이밍 변화이다. 이와 같은 원인들은 공통적으로 견갑골 조절 능력의 손실이 있음을 의미한다(Sahrmann, 2002).

견갑골 조절 능력의 회복을 위한 많은 연구들은 전거근의 강화 또는 정적인 상태에서 견갑골 익상을 감소시키기 위한 운동방법에 초점을 두고 있다(박준상, 2006; 차용호, 2007; Ellenbecker와 Davies, 2001; Ludewig 등, 2004). 그러나 상완골 운동과 관련된 전거근의 타이밍 변화에 관한 운동방법 연구는 부족한 실정이다.

Sahrmann(2002)에 따르면 팔 올리기 시에는 견관절 익상 소견이 보이지 않으나 팔 내리기 시에 견갑골 익상이 발생할 수 있는데 이는 전거근 근력의 문제가 아니라 근육이완(muscle relaxation)의 문제, 즉 원심성 수축 조절능력의 문제라고 하였다. 이와 같은 문제점을 가지고 있는 환자들에게서는 팔 내리기를 수행하는 동

안에 전거근은 근육의 최대 길이 장력 관계를 계속 유지할 수 있는 능력의 부족으로 인해 견갑골의 익상이 나타나게 된다. 그리고 상부승모근이 조절능력의 결핍을 보이는 전거근을 보상하기 위하여 과도한 근활성도를 보이며, 견갑골 익상이 증가되고 이로 인해 비정상적인 견갑골의 움직임이 발생하여 견관절 충돌이 발생할 수 있다고 보고하였다(Cools 등, 2003; Ludewig과 Cook, 2000; Sahrmann, 2002). 견갑골 운동의 타이밍(timing) 변화에 의한 견갑골 익상을 감소시키기 위한 방법으로 전거근의 원심성 수축 운동조절이 필요하다고 하였다(Sahrmann, 2002). 그러나 견갑골은 신체의 뒷부분에 위치해 있어 실제로 대상자가 자신의 견갑골의 운동을 조절하기에는 어려움이 따른다. 임상에서 전거근의 원심성 수축 조절 능력을 증대시키기 위해서 치료사의 구두 지시, 촉각적 자극을 통해 견갑골의 위치 및 조절에 대한 정보를 제공하고 있지만, 이것 또한 환자가 정확한 정보를 받기에는 제한적이다.

많은 연구에서 신체 조절 능력을 증가시키기 위한 방법으로 바이오피드백(biofeedback) 장치를 사용하고 있다. 바이오피드백은 근육 또는 움직임에 대해 실시간으로 정보를 제공함으로써 적절한 근 수축, 신체정렬 상태 유지 및 정상적인 움직임을 이끌어내는데 효과적인 방법으로 알려져 있다(Dursun 등, 2001; Ingersoll과 Knight, 1991; Ng 등, 2008; Yip 등, 2006). 본 연구에서는 비디오 카메라와 컴퓨터 모니터 스크린을 통하여 실험 대상자의 견갑골 위치에 대한 시각적 바이오피드백을 제공하였다. 견갑골에 대한 위치 정보는 실험 대상으로 하여금 전거근의 적절한 근 이완 타이밍 조절에 도움을 줄 것이다.

본 연구의 목적은 팔 내리기 시 견갑골 익상을 보이는 대상자들을 대상으로 시각적 바이오피드백 제공이 전거근, 상부승모근의 근활성도에 어떤 영향을 미치는지 알아보기 위하여 실시하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상자

실험 전에 본 연구의 목적과 방법에 대한 충분한 설명을 듣고 실험 참여에 자발적인 동의를 한 연세대학교 원주캠퍼스에 재학 중인 건강한 성인 남자 14명을 대상으로 실시하였다(표 1). 대상자의 선정 기준은 다음과 같다. 1) 팔 올리기

기 시 견갑골 의상이 보이지 않는 자, 2) 팔 내리기 시 견갑골 의상을 보이는 자, 3) 현재 견관절에 통증이 없는 자, 4) 최근 6개월 이내에 전거근의 강화 운동을 하지 않은 자의 4 가지 조건을 모두 충족하는 자로 하였다.

**표 1. 연구대상자의 일반적 특성** (N=14)

일반적 특성	평균±표준편차	범위
나이(세)	24.1±3.0	20~30
키(cm)	174.4±5.9	165~180
몸무게(kg)	71.7±3.7	65~78

## 2. 실험방법

### 가. 실험기기 및 도구

#### 1) 표면근전도 신호수집 및 처리

우측 전거근(SA), 상부승모근(UT)의 근전도 신호를 측정하기 위해 표면근전도 기기인 Telemetry 2400 G2<sup>1)</sup>을 이용하여 측정하였다. 전극은 수분 겔이 부착되어 있는 일반용 Ag/AgCl 전극<sup>2)</sup>을 사용하였다. 전극간의 거리는 2 cm로 유지하여 근섬유 방향에 평행하게 부착하였다. 2개의 채널을 통해 디지털신호로 전환한 후 개인용 컴퓨터에서 Myoresearch 1.06 소프트웨어를 이용하여 자료를 수집 및 분석하였다. 표본 추출률(sampling rate)은 1000 Hz로 설정하였고, 주파수 대역폭은 80~250 Hz로 하였다. 입력저항(input impedance)은 10 MΩ보다 크게 설정하였고, 각 근육별 근전도 신호는 제곱 평균 제곱근법(root mean square; RMS)으로 처리하여 아스키 파일 형태로 전환하여 분석하였다.



그림 1. Telemetry 2400 G2.

#### 2) 시각적 바이오피드백(biofeedback) 장치

시각적 바이오피드백 장치는 견관절 굴곡 자세에서 팔을 내릴 때 견갑골의 움직임에 대한 시각적 정보를 제공해주기 위하여 디지털 비디오 카메라<sup>3)</sup>와 개인용 컴퓨터와 모니터를 사용하였다. 대상자의 전면에서 개인용 컴퓨터의 모니터를 눈높이로 맞추었고 후면에서는 대상자의 상반신을 촬영할 수 있도록 디지털 비디오 카메라를 설치하였다.

### 나. 실험방법

#### 1) 근전도 전극 및 표식자 부착

오른쪽 전거근, 상부승모근의 근전도 신호를 측정하기 위해 기존의 연구들을 참조하여 각 근육의 전극 부착 위치를 결정하였다(Cram 등, 1998; Lear와 Gross, 1998).

#### 2) 실험과정

대상자를 의자에 똑바로 앉게 한 후, 다음과 같이 시작자세를 취했다. 시작자세는 1) 주관절 신전, 수근 관절은 중립위치에 둔다. 2) 견관절 굴곡 120°에 위치한 목표지점의 막대에 손목이 닿게 견관절을 굴곡 한다. “시작”이라는 구호와 함께 대상자들은 5초 동안에 팔을 내리도록 하였다. 정확한 실험을 위해서 검사자는 초시계를 보면서 시간을 불러주었다. 3회 반복 측정하고, 각 수행 사이에는 2분간 휴식을 취하였다. 시각적 바이오피드백을 제공하는 경우에만 컴퓨터 모니터를 통해 견갑골의 움직임에 대한 정보를 제공하였다. 팔을 내리는 동안 대상자 스스로 컴퓨터 화면을 통해 자신의 견갑골의 움직임을 보면서 최대한 견갑골 의상을 되지



그림 2. 디지털 비디오 카메라.

1) Telemetry 2400 G2, Noraxon Inc., Scottsdale, AZ, U.S.A.

2) Blue sensor, Medicotest, Olstykke, Denmark.

3) Panasonic Co., Fukuoka, Japan.

않도록 유지하면서 팔을 내리게 하였다. 표면근전도 신호의 개인차 및 개인 내 부위별 차이를 최소화하기 위해 정량화(normalization)하였다. 정량화를 위해 맨손근력검사 자세에서 최대 등척성수축(maximal voluntary isometric contraction; MVIC)시 각 근육의 근활성도를 3회 반복 측정하였고 5초 동안의 자료값을 RMS 처리한 후 처음과 마지막 1초를 제외한 중간 3초 동안의 평균 근전도 신호량을 100%MVIC로 사용하였다.

### 3. 분석방법

시각적 바이오피드백 제공 유·무에 따른 상부승모근과 전거근의 근활성도 차이를 비교하기 위해 짝 비교 t-검정(paired t-test)을 실시하였다. 통계학적 유의수준을 검정하기 위해  $\alpha=0.05$ 로 하였으며 자료의 통계처리를 위해 상용 통계 프로그램인 윈도우용 SPSS version 12.0을 사용하였다.

## III. 결과

시각적 바이오피드백 제공 유·무에 따른 상부승모근과 전거근의 근활성도 변화는 표 2와 그림 2에 제시하였다. 시각적 바이오피드백을 제공하였을 때, 상부승모근 근활성도는 유의하게 감소하였고( $p<0.05$ ), 전거근의 근활성도는 유의하게 증가하였다( $p<0.05$ ).

표 2. 각 근육의 근활성도 차이 비교 (N=14)

근육	평균±표준편차		t	p
	조건 1 <sup>a</sup>	조건 2 <sup>b</sup>		
상부 승모근	10.95±4.93	5.65±2.40	5.42	.000
전거근	6.04±2.00	22.40±9.87	-5.91	.000

<sup>a</sup>조건 1: 시각적 바이오피드백을 적용하지 않았을 때.

<sup>b</sup>조건 2: 시각적 바이오피드백을 적용하였을 때.

## IV. 고찰

견갑골 익상을 감소시키기 위한 방법으로 다양한 전거근 강화 운동방법에 관한 연구가 이루어지고 있다(Ellenbecker와 Davies, 2001; Ludewig 등, 2004; Voight와 Thomson, 2000). 대부분의 선행 연구들은 전거근의 약화로 인한 팔 올리기 시 또는 정적상태에서의 발생하는 견갑골 익상과 그에 따른 운동방법에 초점을 두고 있다. 그러나 견갑골 익

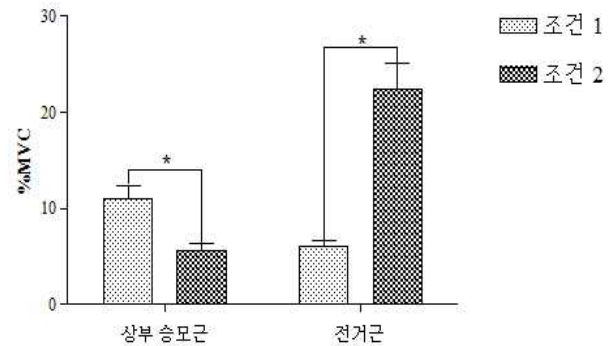


그림 3. 시각적 바이오피드백 유·무에 따른 상부승모근 및 전거근의 근활성도 비교. 조건 1: 시각적 바이오피드백을 적용하지 않았을 때. 조건 2: 시각적 바이오피드백을 적용하였을 때.

상은 팔 올리기 시 뿐만 아니라, 팔 내리기 시에도 발생한다(Sahrmann, 2002). 팔 내리기 시 발생하는 견갑골 익상은 전거근 근력의 문제가 아닌 근육 이완의 타이밍, 즉 원심성 조절능력의 결함으로 발생한다(Sahrmann, 2002).

이러한 원심성 조절의 문제를 해결하기 위한 방법으로 많은 연구자들은 시각적 바이오피드백 장치를 이용하였다. 이 장치들은 적절한 신체 정렬 유지, 선택적인 근육강화, 정상적인 움직임을 위한 운동에 효과적이라고 하였다(Dursun 등, 2001; McConnell, 1996; Ng 등, 2008). 본 연구에서는 비디오 카메라를 통해 실험대상자의 견갑골의 움직임에 대한 시각적 바이오피드백을 제공하였다. 실험 대상자는 팔 내리기를 하는 동안, 최대한 견갑골을 익상되지 않게 유지 하였을 때 이러한 시각적 바이오피드백이 전거근, 상부승모근의 근활성도에 어떠한 변화를 일으키는지 알아보려고 하였다.

본 연구에서 시각적 바이오피드백 제공에 따른 근활성도 변화를 보았을 때, 상부 승모근의 근활성도는 감소하였고 전거근의 근활성도는 유의하게 증가하였다. 이러한 근활성도의 변화는 다음과 같은 이유 때문으로 판단된다. 첫째, 시각적 바이오피드백을 통한 견갑골 움직임의 정보가 근 조절 능력에 영향을 주었기 때문이다(Dursun 등, 2001; McConnell, 1996). 실험대상자에게 실시간으로 제공된 견갑골 움직임에 대한 시각적 바이오피드백 정보가 팔 내리기를 하는 동안 자신의 견갑골이 익상 되지 않도록 전거근 지속적인 원심성 수축능력을 증가 시켰기 때문이다(Ng 등, 2008). 지속적인 원심성 조절 수축 조절력은 근육의 최적 길이-장력 관계를 계속 유지하게 해줌으로서 시각적 정보를 제공했을 때 전거근의

근활성도 증가가 나타났을 것이다(Neumann, 2002).

둘째, 시각적 바이오피드백을 제공했을 때, 상부 승모근의 보상적인 근 활동 감소 때문이라고 판단된다. 팔 내리기를 수행하는 동안 상부 승모근 또한 전거근과 함께 원심성 수축을 통해 견갑골을 하방 회전 시키는 역할을 하게 된다. 이 때 전거근의 원심성 수축 조절 능력 저하는 견갑골 전인력 감소와 상부 승모근의 과도한 작용으로 인한 견갑골 후인력 증가가 나타나게 되고, 견갑골 의상을 발생하게 된다(Cools 등, 2003; Ludwig와 Cook, 2000). 시각적 바이오피드백을 통한 견갑골 위치에 대한 정보는 전거근의 원심성 수축 조절 능력을 증가시킴으로서 전거근의 근활성도를 증가 시켰다. 이에 따라 보상적으로 증가하였던 상부 승모근의 근활성도는 시각적 바이오피드백 정보를 제공 하였을 때 감소하게 된 것으로 판단된다.

본 연구 결과를 통해서, 팔 내리기 시에 견갑골 의상을 보이는 환자에게 시각적 바이오피드백 적용은 견갑골의 적절한 위치 유지와 견관절 안정화 근육의 균형적인 활동에 효과적이라 할 수 있다. 이러한 연구 결과는 상지를 내릴 때 견갑골 의상이 발생하여 견관절 충돌증후군이 유발되는 환자들에게 견갑골 운동 조절 능력을 증진시키는데 활용될 수 있을 것이다. 앞으로 견관절 충돌증후군이 발생하는 환자를 대상으로 시각적 바이오피드백 훈련에 대한 효과를 알아보는 연구가 필요할 것이다.

본 연구의 제한점으로서 첫 번째, 팔 내리기 시 움직임의 속도를 실험자가 초시계를 보면서 통제하였다. 최대한 일정한 속도로 팔 내리기를 하도록 하였지만 이보다 더 정확한 방법으로 일정한 속도로 팔 내리기를 유지할 수 있는 통제 방법이 필요하다고 생각된다. 두 번째, 팔 내리기를 하는 동안, 실험자들에게 시각적 바이오피드백을 제공하더라도 견갑골 의상이 발생하였다. 따라서 일시적인 시각적 바이오피드백 적용만으로는 견갑골 의상을 완전하게 감소시킬 수 없었고 일반화에 제한점이 있다.

## V. 결론

본 연구에서는 팔 내리기 수행 시 시각적 바이오피드백 제공 유·무에 따른 상부승모근, 전거근의 근활성도를 비교하였다. 연구 결과 시각적 바이오피드백 제공은 견갑골의 적절한 위치 유지를 통해 전거근의 원심성 수축 조절 능력의 증대와 과도한 상부 승모근의 근활성

도를 감소시킴으로서 견갑골 의상을 감소시키는데 효과적이었다. 따라서, 견갑골 움직임에 대한 시각적 정보는 적절한 신체 정렬 유지와 견갑골 의상을 감소시키는데 효과적인 운동 방법이라 생각된다.

## 인용문헌

- 박준상, 전해선, 권오윤. 푸시업플러스(Push-up plus) 운동 시 견갑골 의상 유무에 따른 어깨안정근의 근활성도 비교. 한국전문물리치료학회지. 2007;14(2):44-52.
- 차용호. 네발 기기 자세의 유형에 따른 견흉관절 근육의 근활성도 비교. 연세대학교 보건환경대학원, 석사학위 논문, 2007.
- Barnett ND, Mander M, Peacock JC, et al. Winging of the scapula: The underlying biomechanics and an orthotic solution. Proc Inst Mech Eng [H]. 1995;209(4):215-223.
- Bizot P, Teboul F, Nizard R, et al. Scapulothoracic fusion for serratus anterior paralysis. J Shoulder Elbow Surg. 2003;12(6):561-565.
- Cools AM, Witvrouw EE, Declercq GA, et al. Scapular muscle recruitment pattern: Trapezius muscle latency with and without impingement symptoms. Am J Sports Med. 2003;31(4):542-549.
- Cram JR, Kasman GS, and Holtz J. Introduction to Surface Electromyography. Gathersburg, HD, Aspen Pub, 1998.
- Decker MJ, Hintermeister RA, Faber ICJ, et al. Serratus anterior muscle activity during selected rehabilitation exercise. AM J Sports Med. 1999;27(6):784-791.
- Dursun N, Dursun E, Kilic Z. Electromyographic bio-feedback-controlled exercise versus conservative care for patellofemoral pain syndrome. Arch Phys Med Rehabil. 2001;82(12):1692-1695.
- Ekstrom RA, Donatelli RA, Soderberg GL. Surface electromyographic analysis of exercises for the trapezius and serratus anterior muscles. J Orthop Sports Phys Ther. 2003;33(5):247-258.
- Ellenbecker TS, Davies GJ. Closed Kinetic Chain Exercise: A comprehensive guide to multiple joint exercise. Champaign, Human Kinetics, 2001.

- Gregg JR, Labosky D, Harty M, et al. Serratus anterior paralysis in the young athlete. *J Bone Joint Surg Am.* 1979;61(6A):825-832.
- Ingersoll CD, Knight KL. Patellar location changes following EMG biofeedback or progressive resistance exercise. *Med Sci Sport Exerc.* 1991;23(10):1122-1127.
- Jobe FW, Pink M. Classification and treatment of shoulder dysfunction in the overhead athlete. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1993;18(2):427-432.
- Lear LJ, Gross MT. An electromyographical analysis of the scapular stabilizing synergists during a push-up progression. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1998;28(3):146-157.
- Lee SG, Kim JH, Lee SY, et al. Winged scapular caused by rhomboideus and trapezius muscles rupture associated with repetitive minor trauma: A case report. *J Korean Med Sci.* 2006;21(3):581-584.
- Ludewig PM, Cook TM. Alteration in shoulder kinematics and associated muscle activity in people with syndrome of shoulder impingement. *Phys Ther.* 2000;80(3):276-291.
- Ludewig PM, Hoff MS, Osowski EE, et al. Relative balance of serratus anterior and upper trapezius muscle activity during push-up exercise. *Am J Sports Med.* 2004;32(2):484-493.
- McConnell J. Management of patellofemoral problems. *Man Ther.* 1996;1(2):60-66.
- Neumann D. *Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundation for physical rehabilitation.* St. Louis, Mosby, 2002.
- 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 Kinesiol.* 2008;18(1):128-133.
- Novak CB, Mackinnon SE. Surgical treatment of a long thoracic nerve palsy. *Ann Thorac Surg.* 2002;73(5):1643-1645.
- Paine RM, Voight M. The role of the scapular. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1993;18(1):386-391.
- Sahrmann S. *Diagnosis and Treatment of Movement Impairment Syndromes.* St. Louis, Mosby, 2002.
- Tomaino MM. Neurophysiologic and clinical outcome following medial pectoral to long thoracic nerve transfer for scapular winging: A case report. *Microsurgery.* 2002;22(6):254-257.
- Voight ML, Thomson BC. The role of the scapular in the rehabilitation of shoulder injuries. *J Athl Train.* 2000;35(3):364-372.
- Wood VE, Frykman GK. Winging of the scapular as a complication of first rib resection: A report of six cases. *Clin Orthop Relat Res.* 1980;149:160-163.
- Yip SL, Ng GY. Biofeedback supplementation to physiotherapy exercise programme for rehabilitation of patellofemoral pain syndrome: A randomized controlled pilot study. *Clin Rehabil.* 2006;20(12):1050-1057.

---

논문접수일 2008년 2월 26일

논문게재승인일 2008년 4월 28일