

## 안정한 지지면과 불안정한 지지면에서 팔굽혀펴기 운동시 견갑골 주위 근육의 근활성도 비교

박수경, 이현옥<sup>1)</sup>, 김종순<sup>1)</sup>, 김선엽<sup>1)</sup>

부산가톨릭대학교 보건과학대학원 물리치료학과, 부산가톨릭대학교 보건과학대학 물리치료학과<sup>1)</sup>

---

### Abstract

## A Comparison of Muscle Activity in Periscapular Muscles during Push-up plus Exercise on Stable Support and Unstable Support

Soo-Kyoung Park, Hyun-Ok Lee<sup>1)</sup>, Jong-Soon Kim<sup>1)</sup>, Suh-yeop Kim<sup>1)</sup>

Dept. of Physical Therapy, College of Health Science, Catholic University of Pusan<sup>1)</sup>

The couple force of the scapular stabilizers for upward rotation that include the upper and lower trapezius, serratus anterior muscles is essential to maintain the stability of shoulder joint. But if there is an imbalance of these muscles, it would occur many problems of shoulder joint. A push-up plus exercise with an unstable support is used in order to increase the muscle activity and stimulate the proprioception of shoulder joint. The purpose of this study was to compare the muscle activity of upper and lower trapezius, serratus anterior muscles and to determine which exercise is more effective when subjects perform push-up plus exercise in the stable support and unstable support. 15 healthy subjects and 15 painful subjects with injury of shoulder joint participated in this study. Surface electromyography data were collected during plus phase of push-up plus exercise. The types of push-up plus exercise were composed of three conditions. Stable type is subjects performed the push-up plus exercise on the fixed support and unstable type 1 is on the sling without shaking and unstable type 2 is on the sling with shaking by tester's manual. The upper and lower trapezius activities of injured group were higher than uninjured group at three measure conditions, but serratus anterior activities were not. The UT/SA ratio of injured group was higher than uninjured group at three measure conditions. The serratus anterior activities were most high at unstable 2 measure in both groups. The UT/SA ratio was most low at unstable 2 measure condition in injured group only. The present result revealed that push-up plus exercise in the unstable support with shaking which took most high serratus anterior activities and most low of UT/SA ratio is optimal cure method that can improve the imbalance of the scapular stabilizer.

**Key Words:** Scapular Stabilizer; Surface Electromyography; Stable Support; Unstable Support; Push-up Plus Exercise

---

교신저자: 박수경(부산가톨릭대학교 보건과학대학 물리치료학과, 051-510-0579, E-mail: psk25@cup.ac.kr)

## I. 서론

견관절의 정상적인 기능과 안정성은 일상생활에서 중요하며, 이것은 견관절 복합체를 구성하는 여러 관절들의 상호작용과 균형에 의존한다(Decker 등, 1999; Hess, 2000). 견관절 복합체는 해부학적 관절인 상완관절과 관절, 견쇄 관절, 흉쇄 관절과 생리학적인 관절인 견흉 관절, 견봉하 관절로 이뤄지는데, 특히 상완관절과 관절은 견관절 복합체에서 일어나는 운동의 중심이고 다축성 관절로서 어깨의 지지력, 안정성을 유지하기 위하여 뼈나 인대보다 근육에 의존하고 있다(James와 Carl, 2004). 고리 모양의 섬유연골로 되어 있는 순은 견갑골 관절와의 주위를 감싸서 관절와를 깊게 만들어주고 있으나, 상완골두는 단지 일부분만이 관절와와 접촉하기 때문에 상완관절과 관절에서 불안정성과 같은 많은 병리학적인 결과가 발생하게 된다(Magee, 1998; James와 Carl, 2004).

위와 같은 구조적 문제로 발생하는 불안정성을 보완하기 위해서 견갑골 주위의 여러 근육은 관절을 안정화시키는 능동적 요소로 작용한다(Saha, 1971; Peat, 1986; Kronberg 등, 1990). 견관절의 안정성을 제공하는 견갑골 안정근(scapular stabilizers)은 견갑골의 상방회전을 일으키기 위해 회선근개 근육들과 함께 작용하는데, 여기에는 전거근, 상승모근, 하승모근이 포함된다(Lear와 Gross, 1998). 견갑골을 상방회전 할 때 가장 먼저 작용하는 근육은 하승모근과 전거근이며, 거상의 초기 단계에 상승모근과 전거근 하부섬유는 짝힘으로 작용하여 견갑골의 상방회전을 일으킨다(Bagg와 Forrest, 1986; Schenkman과 Rugo, 1987; Wadsworth와 Bullock-Saxton, 1997; Kibler, 1998; Lear와 Gross, 1998). 특히 전거근은 견갑골의 운동과 조절에 있어 매우 중요하게 작용하는데, 다른 어떤 견흉 관절 근육들 보다 견갑골의 상방 회전과 후방 경사(posterior tipping)를 일으키는 지렛팔이 길기 때문에 이러한 견갑골 운동의 주동근으로 분류되며, 견갑골의 익상을 방지하는 작용을 한다(Dvir과 Berme, 1978; Inman 등, 1996). 상완골을 거상할 때 견갑골 안정근은 견갑골의 정상적인 삼차원 움직임을 조절하는데, 이것은 견봉의 거상에 매우 중요하게 작용한다(Ludewig 등, 2004). 견봉의 거상은 견봉하 공간을 보호하고 정상적인 견갑-상완 리듬을 유지시키며, 삼각근의 길이-장력 관계를 최대화하여 흉곽에 대한 상완골의 움직임을 증가시킨다(Inman 등,

1996; Ludewig 등, 1996; Ludewig와 Cook, 2000).

최근 인체의 동작에 관한 특성을 연구하는 많은 임상전문가들은 근전도를 통해 신경근육계의 기능과 장애를 이해하려고 한다(Soderberg와 Knutson, 2000). 근전도는 근활동의 양과 패턴을 분석함으로써 비교적 용이하게 임상에서 운동평가방법으로 사용할 수 있는데, 이는 살아있는 인간의 근활성도를 측정하는 방법 중 아주 유용한 연구방법으로 여겨지기도 한다(김영호 등, 2005; Bagg와 Forrest, 1986).

이에 따라 견관절 안정성에 기여하는 견갑골 안정근에 대한 많은 근전도 연구가 이뤄지고 있는데, 견봉하 충돌증후군, 견봉하 점액낭염, 회선근개 열상, 회선근개나 상완이두근의 건염 등에서 전거근과 상승모근의 근활성도 불균형이 확인되었다(Moseley 등, 1992; Wadsworth와 Bullock-Saxton, 1997; Lear와 Gross, 1998; McQuade 등, 1998; Decker 등, 1999; Cools 등, 2003; Ludewig 등, 2004). 일부 임상 환자의 경우 상승모근의 과도한 활성화는 전거근의 약화를 보상하기도 하고, 견갑골의 비정상적인 회전으로 충돌증후군을 일으키기도 하는데, 상승모근과 전거근의 불균형은 견관절의 으쓱거림을 초래할 수 있다(Ludewig와 Cook, 2000). Sahrman(2002)은 견관절의 병리와 비정상적인 견갑골의 움직임이 견흉관절 근육들의 전반적인 약화보다는 근육 활동성의 불균형과 연관이 있다고 하였는데, 특히 상승모근의 과도한 활성화는 비정상적인 견갑골 움직임에 영향을 미친다고 주장하였다. 뿐만 아니라 다양한 견관절 손상에서 전거근의 비정상적인 근활성도가 나타나는데, 전거근의 감소된 근활성도는 상완관절과 관절 불안정성이 있는 야구 선수, 견관절 충돌증후군이 있는 근로자들, 견관절 통증이 있는 수영 선수들에서 확인할 수 있으며 이 근육의 활성화 감소는 비정상적인 견갑골 움직임과 관련이 있다(Glousman 등, 1988; Scovazzo 등, 1991; Ludewig 등, 2000).

따라서 견관절 기능장애의 예방과 재활에 대한 치료적 운동 프로그램에서 견갑골 안정근의 균형을 중요하게 고려해야 하는데, 이를 위하여 최근 상지 운동치료 프로그램에서는 단힌사슬 운동을 이용하는 경향이 많다(Ludewig 등, 2004). 단힌사슬 운동은 근력강화, 지구력 증진뿐만 아니라 관절면의 기계적인 압박을 통해 여러 근육의 협응 수축을 일으키며, 관절 주위의 구심성 수용체를 자극하여 더 많은 고유수용성 감각을 제공하므로 관절의 동적 안정성과 자세유지를 위해 운동치료 프로그램에서 자

주 이용하고 있다(Ellenbecker와 Davies, 2001).

여러 연구들에서 승모근 하부섬유와 전거근을 적절하게 강화시키기 위하여 상지에 대한 단힌사슬 운동프로그램 중 팔굽혀펴기(push-up plus) 운동을 많이 이용하고 있는데, 팔굽혀펴기(push-up plus) 운동이란 기존의 팔굽혀펴기 운동에서 퍼기의 마지막 단계 동안 견갑골을 최대한 전인시키는 운동이다(Moseley 등, 1992; Decker 등, 1999; Ellenbecker와 Davies, 2001).

오재섭 등(2003)과 Lear와 Gross(1998)는 팔굽혀펴기 운동을 할 때 견관절의 고유수용성 감각을 자극하고 근육의 활동성을 증진시키기 위하여 불안정한 지지면을 이용하였는데, 특히 슬링운동치료(sling exercise therapy)는 고정된 지지면에서의 운동보다 안정성에 관여하는 여러 근육을 강화시키는 역동적인 운동방법으로 체간부와 근위부 관절의 안정성을 증진시킨다(김선엽, 2003). 슬링운동은 흔들리는 줄에 매달려 운동을 해야 하므로 고유수용성 감각이 자극되어 약화되어 있는 근육을 촉진시키고, 관절의 안정성을 유지하는데 필요한 자극을 주게 되므로 재발을 예방할 수 있게 하는데, 견관절의 만성 통증이나 기능장애가 있는 경우, 슬링운동기구를 이용한 감각운동 조절 훈련은 견관절의 안정성을 회복하는데 매우 유용하다(오재섭 등, 2003; Brumagne 등, 1999; Kirkesola, 2000).

Kirkesola(2004)는 슬링운동을 할 때 줄을 흔드는(shaking) 진동자극을 주면, 운동 시에 불안정성을 증가시켜 관절의 고유수용성 감각기를 더욱 자극할 수 있으며, 잘못된 신경근 조절을 재활성화 시켜 근육의 불균형을 개선하는데 영향을 줄 수 있다고 하였다. 고유수용성 감각은 신체에서 인간의 운동조절을 위한 필수적인 감각으로 위치감각과 관절 운동, 근수축 등과 관련하여 힘, 노력, 무게 또는 근 수축 등을 인식하는 감각 기능으로 정의할 수 있다(Brook, 1983; Gandevia 등, 1992). 고유수용성 감각의 손실이 있으면 과도한 관절 운동 시 관절을 보호하는 근수축이 너무 늦게 일어나므로 신경근육의 보호 반사와 협응이 지연되고, 그 결과 비정상적인 부하가 반복적으로 관절에 가해지므로 불안정성과 통증이 발생하게 된다(Forwell과 Carnahan, 1996). 정상적인 고유수용성 감각을 위해서 근육의 협응이 가장 중요한데, 근육의 불균형이 있을 경우 관절의 고유수용성 감각이 손실될 수도 있다(Parkhurst와 Burnett, 1994). Zarins와 Rowe(1984)는 가장 적절한 운동조절을 획득하기 위해 중점을 두어야 할 부분은 개별 근육의 수축이 아닌 여러 근육들의 협응된 수축과 이완이라고 하였다.

따라서 견갑골 주위 근육의 불균형과 잘못된 신경근 조절을 해결하기 위하여 선택적인 강화운동이 필요하고, 적절한 운동자극이 요구된다. 그러나 견관절 만성 통증이나 기능장애가 있는 환자들을 대상으로 불안정한 지지면에서 팔굽혀펴기 운동을 할 때 견갑골 주위 근육들, 특히 견갑골 안정근으로 작용하는 상승모근, 하승모근, 전거근에 대한 근활성도를 분석한 연구들은 매우 부족한 실정이므로, 팔굽혀펴기 운동 시 지지면의 차이에 따른 이들 근육들의 근활성도에 관한 운동분석학적 연구는 견관절 안정화 운동 프로그램을 수립하는데 유용하게 사용될 것으로 사료된다. 그러므로 본 연구에서는 견관절 손상자와 비손상자를 대상으로 안정한 지지면과 불안정한 지지면에서 팔굽혀펴기 운동을 할 때 견갑골 주위 근육들 특히, 상승모근과 하승모근, 전거근의 근활성도를 운동분석학적 측면에서 측정하여 비교하고, 안정한 지지면과 불안정한 지지면에서의 운동 중 어떤 운동방법이 더 효과적인지 알아보고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상자

본 연구에서는 견관절부의 통증이나 손상 병력이 없는 건강한 대상자 15명(남 8명, 여 7명)과 정형외과 전문의와 재활의학과 전문의로부터 견관절의 손상 진단을 받은 15명의 환자(남 7명, 여 8명)를 연구 대상으로 하였다. 손상 진단에는 근육 좌상, 견관절 충돌증후군, 견관절 전방 불안정성, 근막동통증후군, 과거 인대 염좌, 과사용 증후군이 포함되었고 평균 발병기간은 9.93개월이었다. 경추와 요추에서 비롯되는 신경학적 증상이나 혈관의 문제로 인한 통증, 골절, 외상, 류마티스 관절염, 그리고 내과적 질환이 있는 대상자 및 극심한 통증으로 팔굽혀펴기 운동이 불가능한 대상자는 본 연구에서 제외시켰다.

본 연구를 실시하기 전 연구의 목적과 방법에 대해 모든 대상자에게 설명한 후 연구의 내용을 이해하고 적극적으로 참여할 것을 동의한 사람들을 대상으로 2005년 1월 10일부터 4월 10일까지 연구를 진행하였다.

### 2. 용어의 정의

1) 팔굽혀펴기(push-up plus) 운동: 팔굽혀펴기의 마지막 단계에서 팔을 최대한 뻗어 견갑골이

완전 전인되도록 하는 운동을 의미한다.

2) 안정한(stable) 지지면: 딱딱한 마루바닥 같이 흔들리지 않고 고정된 면을 의미한다.

3) 불안정한(unstable) 지지면: 균형 운동을 위하여 슬링운동기구를 이용한 흔들리는 지지면을 의미한다.

4) 진동 자극(shaking stimulation): 슬링의 줄을 손으로 흔들어 진동 자극을 주는 것으로, 진동자극의 진폭은 10cm 이내로 하고 3~4Hz의 속도로 5초간 적용하였다.

### 3. 연구도구

#### 1) 근전도 신호 수집 및 분석 시스템

팔굽혀펴기 운동 시 상승모근과 하승모근, 전거근의 근활성도를 측정하기 위해 표면 근전도 MP150WSW(BIOPAC System Inc. CA, USA)을 사용하였다. 수집된 표면 근전도 아날로그 신호는 MP150WSW로 보내져 디지털 신호로 전환한 다음, 개인용 컴퓨터에서 Acqknowledge 3.7.3(BIOPAC System Inc. Santa Babara, USA) 소프트웨어를 이용하여 필터링과 기타 신호처리를 하였다.

#### 2) 슬링운동

본 연구에서는 팔굽혀펴기 운동을 하는 동안 불안정한 지지면을 제공하기 위해 슬링운동기구(Therapimaster®, Norway)를 이용하였다.

### 4. 연구절차

#### 1) 근전도 측정 준비

실험실의 온도를 25°C로 일정하게 유지하고, 피부 저항을 감소시키기 위하여 면도기로 털을 제거한 후 사포로 피부표면을 문질러 각질을 제거하였다. 근전도 신호 수집을 위해 세 개의 근육에 대한 전극 부착부위를 찾아 펜으로 표시하였다. 상승모근은 경추 7번 극돌기와 견봉 사이의 중간 지점에, 하승모근은 시상면에서 팔을 완전 굴곡할 때 흉추에서 견갑골 하각 쪽으로 1/4지점을 찾아 표시하였다. 전거근은 견갑골면을 따라 팔을 머리 위로 거상할 때 견갑골의 아래 끝 부분에 위치한 광배근의 앞쪽 가장자리에서 근수축을 촉진하여 견갑골 끝부분의 액와 아래와 광배근의 앞쪽 사이에 표시하였다. 최대 근수축이 가장 뚜렷이 보이는 근복을 찾은 다음, 각 근육의 근 섬유 방향을 따라 활성전극(activate electrode)과 기준전극(reference electrode)을 수평으로 부착하였고, 접지전극(ground electrode)은 이들

전극의 외측이나 내측에 각 근육마다 부착하였으며, 각 전극 중심사이의 거리는 2cm 이내로 부착하였다(Cram 등, 1998). 본 연구의 근전도 측정에는 Ag/AgCl Meditrace (Kendall®, Canada) 표면전극을 사용하였다.

#### 2) 근전도 신호처리 방법

근전도 기기와 컴퓨터를 연결하고 컴퓨터상에서 근전도 프로그램을 작동시켜 다음과 같이 검사매개 변수를 설정하였다.

(1) 채널을 지정하여 각 채널에서 근전도 신호를 받을 수 있도록 하였다.

(2) 근전도 신호의 표본추출율은 1,000Hz(1,000 samples/second)로 하였다.

(3) 증폭된 파형을 60~500Hz의 대역통과필터(band pass filter)로 필터링 하였다.

(4) 잡음을 제거하기 위해 60Hz의 노치필터(notch filter)를 이용하였다.

(5) 각 근육이 수축한 시간동안 수집된 신호를 정량화하기 위해 실효평균값(root mean square, RMS) 처리를 하였다.

#### 3) 연구과정

견관절 손상군에게 무릎을 신전한 팔굽혀펴기 운동은 견관절에 다소 무리를 주었으므로, 슬관절을 굴곡한 팔굽혀펴기 운동을 적용하였다. 연구의 동질성을 위하여 견관절 비손상군에게도 슬관절을 굴곡한 팔굽혀펴기운동을 적용하였는데, Decker 등(1999)은 슬관절을 굴곡한 팔굽혀펴기 운동은 슬관절을 신전한 팔굽혀펴기 운동보다 힘이 적게 들면서도, 유사한 근전도 진폭을 도출할 수 있다고 하였다. 근활성도 측정 전에 연구대상자는 손과 무릎을 어깨 넓이로 벌려 바닥에 대고 주관절을 완전 신전하여 엎드린 다음, 팔굽혀펴기 운동 동작을 세 번 연습하였다. 근전도 측정 방법은 총 세 가지로 나뉘지며, 정확한 근전도 측정을 위해 손과 무릎을 슬링과 같은 높이와 폭을 갖는 고정된 지지면에 대고 팔굽혀펴기 운동을 실시하였다. 대상자는 팔굽혀펴기 운동의 마지막(plus) 단계에서 5초간 최대 견갑골 전인을 등척성 수축으로 유지하고, 이때 상승모근과 하승모근, 전거근의 근전도 신호를 수집하였다. 이것을 세 번 연속으로 실시하고, 이 과정을 3회 반복하였다. 두 번째 방법은 슬링을 이용한 불안정한 지지면에서 팔굽혀펴기 운동을 실시하는 것으로, 첫 번째 방법과 같은 횟수로 마지막 단계에서 5초간 등척성 수축을 유지하였다. 마지막 방법은 슬링 위에서 팔굽혀펴기 운동을 실시하고 마지막 단

계에서 5초간 등척성 수축을 유지할 때 슬링의 줄에 진동 자극(shaking stimulation)을 손으로 적용하는 것으로, 진동자극의 진폭은 10cm 이내로 하고 3~4Hz의 속도로 5초간 적용하였다. 각각의 측정 방법에서 팔굽혀펴기 운동 시 마지막 단계동안 최대 견갑골 전인을 5초간 등척성 수축으로 유지하기 위해 초시계를 사용하였으며, 근피로를 막기 위해 측정 방법 사이에 10분의 휴식시간을 주었다.

상승모근과 하승모근, 전거근의 활동전위를 표준화(normalization)하기 위해 각 근육의 도수근력검사 자세에서 최대 등척성 수축(maximum voluntary isometric contraction) 시 근활성도를 측정하였다. 상승모근 검사는 연구대상자가 견갑골과 쇄골의 견봉단을 거상할 때 하강 방향으로 힘을 가하였다. 하승모근의 검사는 엎드린 자세에서 대상자의 팔을 근섬유의 진행 방향에 따라 머리 높이로 비스듬히 둔 다음, 한 손으로 반대편 견갑골 하부를 고정하고, 다른 한 손으로 전완의 근위부에 검사대 방향으로 저항을 가하였다. 전거근의 검사는 대상자가 앉은 자세에서 팔을 견갑골 면을 따라 약 120~130도 굴곡하고 팔을 전인할 때 견갑골 후인 방향으로 저항을 가했다. 대상자는 최대 등척성 수축을 5초간 유지하였으며, 각 근육 검사는 3회씩 반복하였다. 5초 동안의 자료값에서 초기와 마지막 1초를 제외한 3초 동안의 평균 근전도 신호량을 100% 최대 등척성 수축으로 사용하였다.

#### 4. 자료처리

본 연구에서는 견관절의 손상 병력이 없는 비손

상군 15명과 견관절 손상 진단을 받은 손상군 15명을 대상으로 자료를 분석하였다. 수집된 자료들은 부호화한 후 유의수준  $\alpha$ 를 0.05로 하여 SPSS for 12.0 win program을 이용하여 분석하였다.

1) 손상군과 비손상군 간 상승모근, 하승모근 그리고 전거근의 근활성도와 상승모근/전거근 비의 차이를 알아보기 위하여 독립표본 t-검정(independent t-test)을 사용하였다.

2) 손상군과 비손상군에서 안정한 지지면과 진동 자극을 적용하지 않는 불안정한 지지면, 진동 자극을 적용한 불안정한 지지면에 따른 상승모근, 하승모근, 전거근의 근활성도와 상승모근/전거근 비의 차이를 알아보기 위해 일원 분산분석(one-way ANOVA)을 이용하였으며, 각 근육의 근활성도와 근활성도 비에 대한 측정 방법 간 차이를 설명하기 위해 Scheffe의 방법으로 사후검정(post-hoc)을 실시하였다.

### III. 연구결과

#### 1. 연구대상자의 일반적인 특성

본 연구에 참여한 연구대상자는 총 30명(남 15명, 여 15명)으로 나이는 21세에서 52세 사이였다. 비손상군(남 8명, 여 7명)의 평균 연령은 35.00±10.51세이었고, 평균 신장은 166.73±7.50cm, 평균 체중은 64.60±13.31kg이었다. 손상군(남 7명, 여 8명)의 평균 연령은 33.93±0.96세이었고, 평균 신장은 164.53±6.57cm이었으며, 평균 체중은 62.67±8.19kg이었다(표 1).

표 1. 연구대상자의 일반적 특성

Variables	Uninjured group (n <sub>1</sub> =15)	Injured group (n <sub>2</sub> =15)	t	p
Age (yrs)	35.00 ±10.51	33.93 ±0.96	.313	.757
Height (cm)	166.73 ±7.50	164.53 ±6.57	.854	.401
Weight (kg)	64.60 ±13.31	62.67 ±8.19	.479	.636

M±SD

#### 2. 비손상군과 손상군의 근활성도 비교

팔굽혀펴기 운동을 할 때 세 근육들의 근활성도를 비교한 결과(표 2), 손상군의 상승모근 근활성도는 세 가지 측정 방법에서 각각 27.73±5.97, 25.97±4.90, 28.28±6.40으로 비손상군 근활성도 보다 유의하게 높았으며(p<.05), 손상군의 하승모근 근활성도 역시 각각

44.98±14.42, 45.19±15.00, 44.97±14.70으로 비손상군의 근활성도 보다 유의하게 높았다(p<.05). 그러나 전거근의 근활성도는 모든 측정 방법에서 손상군과 비손상군 간 유의한 차이가 없었다(그림 1, 2, 3).

#### 3. 비손상군과 손상군의 근활성도 비 비교

팔굽혀펴기 운동을 할 때 상승모근과 전거근 간의 근활성도 비를 비교한 결과, 손상군의 상승모근/전거근 비는 각각  $1.05 \pm 0.54$ ,  $0.76 \pm 0.14$ ,  $0.71 \pm 0.16$ 으로 세 가

지 측정 방법 모두에서 비손상군 보다 유의하게 높았다( $p < .05$ )(표 3).

표 2. 비손상군과 손상군의 근활성도 비교

Variables	Uninjured group (n <sub>1</sub> =15)	Injured group (n <sub>2</sub> =15)	t	p	
UT	Stable	15.15 ±3.11	27.73 ±5.97	-7.242	.000
	Unstable 1	14.24 ±3.23	25.97 ±4.90	-7.743	.000
	Unstable 2	17.53 ±7.02	28.28 ±6.40	-4.385	.000
LT	Stable	34.93 ±11.63	44.98 ±14.42	-2.101	.045
	Unstable 1	33.13 ±12.43	45.19 ±15.00	-2.396	.024
	Unstable 2	32.73 ±13.86	44.97 ±14.70	-2.344	.026
SA	Stable	31.78 ±5.91	30.00 ±9.78	.601	.553
	Unstable 1	36.18 ±6.95	35.32 ±9.30	.288	.775
	Unstable 2	40.11 ±7.90	42.24 ±12.58	-.556	.583

M±SD(%MVIC)

UT: Upper trapezius, LT: Lower trapezius, SA: Serratus anterior

Stable: push-up plus on fixed support

Unstable1: push-up plus on sling without shaking

Unstable2: push-up plus on sling with shaking

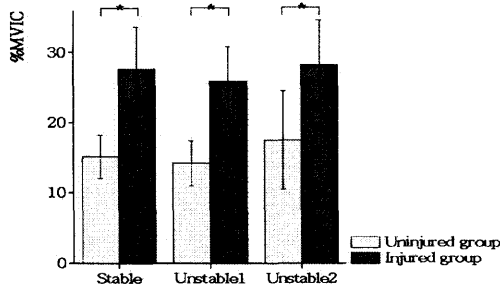


그림 1. 비손상군과 손상군의 상승모근 근활성도 비교

\*  $p < .05$

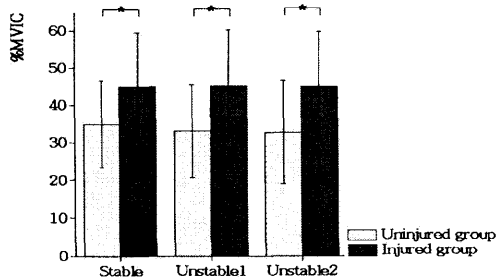


그림 2. 비손상군과 손상군의 하승모근 근활성도 비교

\*  $p < .05$

#### 4. 비손상군의 측정 방법에 따른 근활성도 비교

비손상군에서 전거근의 근활성도는 세 가지 측정 방법에 따라 각각  $31.78 \pm 5.91$ ,  $36.18 \pm 6.95$ ,  $40.11 \pm 7.90$ 으로 유의하게 높아졌으나( $p < .05$ ), 상승모근과 하승모근은 유의한 차이가 없었다(표 4). Scheffe의 사후검정 결과 전거근의 근활성도는 안정한 지지면에서 팔굽혀펴기 운동을 하는 경우와 진동자극을 적용한 불안정한 지지면에서 팔굽혀펴기 운동을 하는 경우 간에 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ )(그림 4).

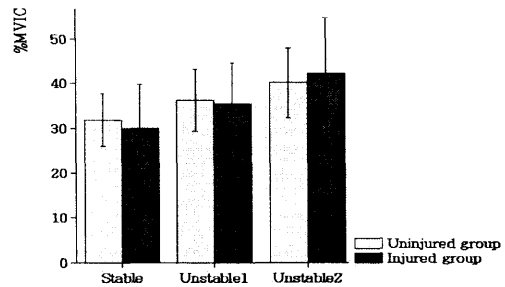


그림 3. 비손상군과 손상군의 전거근 근활성도 비교

표 3. 비손상군과 손상군의 근활성도 비 비교

Variables	Muscle ratio	Uninjured group (n <sub>1</sub> =15)	Injured group (n <sub>2</sub> =15)	t	p
UT/SA ratio	Stable	0.49 ±0.11	1.05 ±0.54	-4.013	.000
	Unstable 1	0.40 ±0.08	0.76 ±0.14	-8.638	.000
	Unstable 2	0.43 ±0.12	0.71 ±0.16	-5.261	.000

M±SD(muscle activity ratio)

UT/SA ratio: Upper trapezius/Serratus anterior muscle activity ratio

표 4. 비손상군의 측정 방법에 따른 근활성도 비교 (n<sub>1</sub>=15)

Variables	Stable	Unstable 1	Unstable 2	F	p
UT	15.15 ±3.11	14.24 ±3.23	17.53 ±7.02	1.877	.166
LT	34.93 ±11.63	33.13 ±12.43	32.73 ±13.86	.128	.880
SA	31.78 ±5.91	36.18 ±6.95	40.11 ±7.90	5.358	.008

M±SD(%MVIC)

5. 손상군의 측정 방법에 따른 근활성도 비교

손상군에서 전거근 근활성도는 세 가지 측정 방법에 따라 각각 30.00±9.78, 35.32±9.30, 42.24±12.58로 유의하게 높아졌으나(p<.05), 상승모근과 하승모근은 유의

한 차이가 없었다(표 5). Scheffe의 사후검정 결과 전거근의 근활성도는 안정한 지지면에서 팔굽혀펴기 운동을 하는 경우와 진동자극을 적용한 불안정한 지지면에서 팔굽혀펴기 운동을 하는 경우 간에 유의한 차이가 있었다(p<.05)(그림 5).

표 5. 손상군의 측정 방법에 따른 근활성도 비교 (n<sub>2</sub>=15)

Variables	Stable	Unstable 1	Unstable 2	F	p
UT	27.73 ±5.97	25.97 ±4.90	28.28 ±6.40	.651	.527
LT	44.98 ±14.42	45.19 ±15.00	44.97 ±14.70	.001	.999
SA	30.00 ±9.78	35.32 ±9.30	42.24 ±12.58	4.974	.012

M±SD(%MVIC)

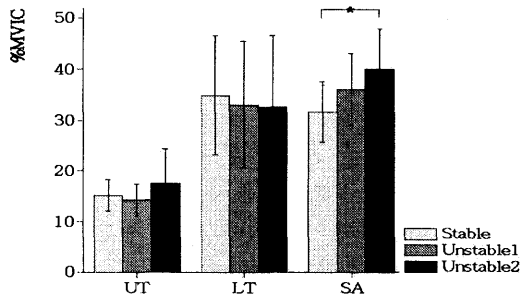


그림 4. 비손상군의 측정 방법에 따른 근활성도 비교

\* p<.05

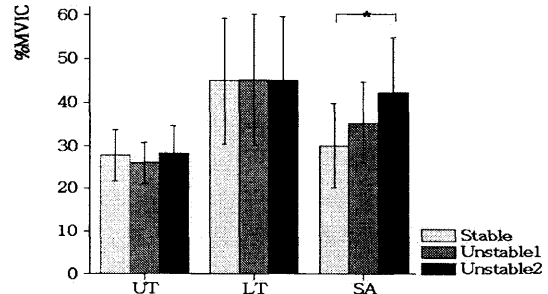


그림 5. 손상군의 측정 방법에 따른 근활성도 비교

\* p<.05

6. 비손상군의 측정 방법에 따른 근활성도 비 비교

비손상군에서 상승모근/전거근 비는 안정한 지지

면과 진동자극을 적용하지 않은 불안정한 지지면, 진동자극을 적용한 불안정한 지지면에 따라 모두 유의한 차이가 없었다(표 6).

표 6. 비손상군의 측정 방법에 따른 근활성도 비 비교 (n<sub>1</sub>=15)

Variables	Stable	Unstable 1	Unstable 2	F	p
UT/SA ratio	0.49 ±0.11	0.40 ±0.08	0.43 ±0.12	2.566	.089

M±SD(muscle activity ratio)

7. 손상군의 측정 방법에 따른 근활성도 비 비교

손상군에서 상승모근/전거근 비는 측정 방법에 따라 각각 1.05±0.54, 0.76±0.14, 0.71±0.16으로 유의하게 낮았다(p<.05)(표 7).

Scheffe의 사후검정 결과, 상승모근/전거근 비는 안정한 지지면에서 팔굽혀펴기 운동을 하는 경우와 진동자극을 적용한 불안정한 지지면에서 팔굽혀펴기 운동을 하는 경우 간에 유의한 차이가 있었다(p<.05).

표 7. 손상군의 측정 방법에 따른 근활성도 비 비교 (n<sub>2</sub>=15)

Variables	Stable	Unstable 1	Unstable 2	F	p
UT/SA ratio	1.05 ±0.54	0.76 ±0.14	0.71 ±0.16	4.763	.014

M±SD(muslce activity ratio)

IV. 고찰

여러 가지 근골격계 통증문제의 진단과 관리에 대한 최근의 경향은 운동의 정교한 변화가 미세손상을 일으키고, 만약 이것이 지속되면 대손상(macrotrauma)과 통증을 유발한다는 전제하에 진행되고 있다(Kirkesola, 2004). 운동의 정교함이 변화하면 특정 방향으로 보상운동이 발달하게 되고 이는 운동손상으로 발전될 수 있는데, 운동손상이란 최적의 운동학적 패턴에서 벗어난 것을 의미하고, 이것은 협력근들의 정상적인 대항균형 작용에 변화가 생겼음을 나타낸다(Sahrmann, 2002).

견갑골을 상방회전 할 때 견갑골 안정근으로 작용하는 상승모근과 하승모근, 전거근의 짝힘은 견갑골 운동의 핵심으로 작용하는데, 이러한 근육들의 상대적 참여가 변화되거나 길항근에 의해 동작의 제한이 생기면 운동패턴은 붕괴된다(Kibler, 1998; Sahrmann, 2002). 충돌증후군 환자의 경우에서 견관절 거상을 할 때 상승모근의 근활성도는 향진되어 있고, 전거근의 근활성도는 감소되어 있는 것으로 밝혀졌는데, 특히 견갑골 운동의 불균형을 일으키는 중요한 근육인 전거근은 많은 연구자들에 의해 연구되어 왔다(Moseley 등, 1992; Decker 등, 1999; Ludewig과 Cook, 2000; Ludewig 등, 2004). 전거근의 피로는 견갑골 회전과 전인을 감소시키고 상완골두를 전방과 상방으로 전위시키므로 이차적인 충돌증후군과 회전근개의 열상을 초래할 수 있고, 견갑골의 관절운동범위를 감소시킬 수 있으며 전거근의 수축 타이밍에 손상이 발생하여 상완관절와 관절

에 스트레스를 유발할 수 있다(Allegrucci 등, 1994). 만약, 전거근의 문제로 견갑골의 비정상적인 움직임이 나타난다면 이것은 관절와의 위치에 영향을 주게 되고 결국, 상완관절와 관절 주위의 운동에 관여하는 힘과 정렬에도 영향을 주게 된다(Warner 등, 1992; Wilk와 Arrigo, 1993).

이러한 견갑골 안정근의 문제에 대해 경피적 신경자극 치료, 냉각치료와 같은 치료방법도 사용되고 있으나, 최근에는 팔굽혀펴기(push up plus) 운동과 같은 여러 가지 치료적 운동프로그램이 사용되고 있다(고은경 등, 2002; Friedman과 Nelson, 1996; Ludewig 등, 2004). 팔굽혀펴기 운동에 대한 근전도 연구를 살펴보면 전거근의 중부 섬유와 하부 섬유의 높은 활성화를 보여주는데, 팔굽혀펴기 운동은 전거근을 포함한 견갑골 주위 근육들의 근활성도를 높이는 가장 적절한 운동으로 여겨진다(Moseley 등, 1992; Decker 등, 2003; Ludewig 등, 2004). 그러므로 견갑골 안정근의 불균형이 있는 환자에게 팔굽혀펴기 운동을 적용하면, 견갑골 안정근의 선택적인 강화와 근불균형의 해소가 기대되며 이는 곧 견관절 복합체의 안정성을 증진시킬 것이라는 가설 하에 본 연구가 설계되었다. 특히 지지면이 불안정해질수록 전거근과 하승모근의 근활성도가 증가하여 견갑골 안정근의 불균형을 감소시킬 수 있을 것으로 사료된다.

Reynolds 등(1983)과 Souza와 Gross(1991)는 하지의 내측광근/외측광근 근활성도 비에 대하여 연구하였는데, 일반적으로 슬관절을 신전할 때 대퇴골개 통증 증후군 환자들의 경우 내측광근/외측광근 근



활성도 비는 정상인 보다 낮게 나타났고 닫힌사슬 운동을 하는 동안 열린사슬 운동을 할 때 보다 높게 나타났다고 보고하였다. 견관절에서는 Ludewig 등(2004)에 의하여 이와 같은 근활성도비가 연구되었는데, 견관절의 통증과 기능장애가 있는 환자들의 경우 상승모근/전거근 근활성도비는 정상인 보다 높게 나타났고 이것은 상승모근과 전거근의 불균형을 의미한다고 하였다. 또한 다른 운동들 보다 팔굽혀펴기 운동을 적용했을 때 상승모근/전거근 근활성도 비가 낮게 나타났으므로, 이 운동은 전거근을 강화시키면서 상승모근의 과활성화를 감소시킬 수 있는 선택적인 운동방법이라고 할 수 있다. 그러나 불안정한 지지면에서 팔굽혀펴기 운동 시 상승모근/전거근 근활성도 비에 대한 연구는 많이 부족하였기 때문에, 본 연구에서는 근활성도와 함께 상승모근/전거근 비를 구하여 견갑골 안정근들 간에 상대적인 균형을 알아보고자 하였다.

본 연구에서 사용한 표면 근전도 MP150WSW 장비는 운동기능을 평가하거나 근육의 활성도를 측정하기 위해 널리 사용되고 있다(김성중 등, 2001; 고은경 등, 2002; 정도영 등, 2002; 오재섭 등, 2003). 표면 근전도를 이용한 근활성도는 근육의 운동단위수와 발화율(firing rate)을 직접적으로 나타낸다고는 할 수 없지만 일반적으로 근육의 전기적 활성도를 나타내기 때문에 근긴장도 연구에서 많이 사용되고 있다(Basmajian과 De Luca, 1985; Signorile 등, 1995; De Luca, 1997). 근전도 신호는 전극의 위치, 근피로, 수축 속도, 근육 길이, 근육의 횡단면, 다른 주동근과 길항근의 활동, 피하 지방 두께, 과제 수행 방법 등에 의해 영향을 받는다(Mathiassen 등, 1995). 임상에서 이러한 모든 변수를 통제가 거의 불가능하므로, 여러 변수에 의한 연구결과의 오차를 최대한 줄이기 위해 근 수축 시 얻어진 근전도 자료를 여러 과정을 거쳐 필터링하고 실효평균값(RMS)을 구하여 그 신호량을 분석하였다. 이 값은 근육을 수축하는 동안 활동하는 운동단위의 수를 대표하며, 특히 등척성 수축 시 근전도 활성도와 힘은 선형적 관계를 갖게 되므로 근육에 의한 힘을 나타내는데 사용된다(Soderberg와 Cook, 1984; Basmajian과 De Luca, 1985; Signorile 등, 1995; De Luca, 1997; Soderberg와 Knutson, 2000). 본 연구에서는 팔굽혀펴기 운동의 마지막 단계에서 5초 동안 등척성 수축을 유지할 때 얻은 근활성도를 표준화하기 위해 가장 일반적으로 사용되는 최대 수의적 등척성 수축을 이용하였으므로, 측정된 모든 근활성도 값은 최대 근활성도에 대한 상대적인 값으로 표현되었다.

본 연구에서는 팔굽혀펴기 운동을 하는 동안 견관절 손상근의 상승모근 근활성도가 비손상군 보다 세 가지 측정 방법 모두에서 유의하게 높았고, 이것은 상승모근의 과활성화로 인해 견갑골이 상방이동되어 있는 것을 의미한다. 손상근의 상승모근/전거근 비는 세 가지 측정 방법 모두에서 비손상군보다 유의하게 높았는데, 이것은 견관절 손상근의 상승모근이 과활성화 되어 있거나 전거근의 근활성도가 떨어지기 때문인 것으로 여겨진다. 상승모근의 근막통증 환자들의 경우 통증이 심한 쪽에서 근활성도가 더 높게 나타났으며, 상승모근은 시각적 스트레스나 눈높이 차이로도 영향을 받을 수 있으므로, 컴퓨터 작업 시 머리자세가 상승모근에 영향을 받지 않도록 작업환경을 적절히 바꿔야 한다(고은경 등, 2002; 정도영 등, 2002). 충돌증후군이 있는 운동선수들을 대상으로 실시한 연구에서는 중승모근과 하승모근의 지연된 근활성화를 보고하였는데, 이것은 승모근이 비정상적으로 동원되는 것을 의미한다(Scovazzo 등, 1991; Cools 등, 2003). 그러나 본 연구에서는 손상근의 하승모근 근활성도가 비손상군 보다 세 가지 측정 방법 모두에서 유의하게 높았고, 전거근의 근활성도는 세 가지 측정 방법 모두에서 손상군과 비손상군 간에 유의한 변화가 없었다. 이것은 견관절 손상근이 팔굽혀펴기 운동을 하는 동안 체중과 중력을 이겨내기 위해 하승모근에서 상대적으로 많은 힘을 내야 하기 때문에, 운동 단위의 동원이 많이 이뤄진 결과로 사료된다. 비손상군에서는 같은 운동 부하가 주어지더라도, 손상군 보다 적은 양의 힘으로 이를 이겨낼 수 있기 때문에 상대적으로 하승모근의 근활성도가 낮게 나타나는 것으로 추측할 수 있다. 또한 연구의 동질성을 위해 비손상군에게도 손상군처럼 무릎을 굴곡한 팔굽혀펴기 운동을 적용하였는데, 이것은 비손상군에서 하승모근과 전거근의 최대 활성화를 유발시키기 위해 운동부하가 부족했던 것으로 사료된다.

오재섭 등(2003)은 고정된 지지면 보다 슬링에서 팔굽혀펴기 운동을 할 때 근활성도가 더 높게 나타났다고 보고하였는데, 본 연구에서도 손상군과 비손상군 모두 측정 방법에 따라 전거근의 근활성도가 유의하게 높아졌다. 즉, 지지면이 불안정해 질수록 전거근의 근활성도는 점차 높아졌으며, 이를 사후검정한 결과 안정한 지지면보다 진동자극을 적용한 불안정한 지지면에서 팔굽혀펴기 운동을 하는 경우에 전거근의 근활성도가 유의하게 높았다. 근활성도 비를 세 가지 측정 방법에 따라 비교한 결과, 손상근의 상승모근/전거근 비는 측정 방법 간에 통계학적으로 유의한 변화가 있었다. 즉, 안정한 지지면과 진동자극

을 적용하지 않은 불안정한 지지면 그리고 진동자극을 적용한 불안정한 지지면에서 팔굽혀펴기 운동을 할 때 손상근의 상승모근/전거근 비는 유의하게 낮아졌으며, 이를 사후검정한 결과 안정한 지지면과 진동자극을 적용한 불안정한 지지면에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 이는 불안정한 지지면을 이용한 운동자극으로 전거근의 근활성도가 더 증가함을 의미하는데, 진동자극을 적용하여 지지면이 더욱 불안정해 질수록 전거근의 동원이 증가하기 때문인 것으로 사료된다. 그러므로 본 연구의 결과는 팔굽혀펴기 운동이 상승모근의 과활성화를 감소시키면서 전거근을 선택적으로 강화시킬 수 있다고 보고한 Ludewig 등(2004)의 연구와 일치한다고 볼 수 있다. 이상과 같은 결과로서 상승모근이 과도하게 활성화되면 견갑골 안정근의 불균형으로 인해 견관절의 손상이 생길 수도 있음을 추측할 수 있다.

그럼에도 불구하고 본 연구의 연구기간 중 연구 대상자의 건강상태와 심리적 상태를 완벽하게 통제하지 못하였고 개인의 특성, 체력 상태, 생활 습관, 운동 능력 등을 완벽하게 고려하지 못하였다. 그러므로 본 연구의 결과를 견관절 손상이 있는 모든 환자에게 일반화시키기에는 제한이 있었다. 그러므로 향후에는 견갑골 안정근의 균형을 위한 효과적인 운동프로그램의 개발을 위해 팔굽혀펴기 운동의 적용절차, 적용기간 등에 관한 연구가 이루어져야 할 것이고, 팔굽혀펴기 운동 이외에도 다양한 운동 프로그램을 불안정한 지지면에 적용해 보는 연구들이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

본 연구는 견관절 비손상근과 손상근이 안정한 지지면과 불안정한 지지면에서 팔굽혀펴기 운동을 할 때 상승모근, 하승모근, 전거근의 근활성도를 서로 비교하고, 어떤 운동 방법이 견갑골 주위 근육의 균형에 더 효과적인가를 알아보기 위하여 실시하였다.

견갑골의 안정성을 유지하는 견갑골 안정근에서 여러 가지 손상이나 기능장애가 발생하면, 상승모근의 과활성화나 전거근의 약화로 상승모근의 근활성도는 높아지게 된다. 이에 대한 치료 방법으로 팔굽혀펴기(push up plus) 운동은 상승모근의 과활성화를 감소시키면서 전거근의 동원을 증가시켜 약화되어있는 근육을 강화시키는 운동방법이라고 할 수 있는데, 특히 슬링운동기구를 이용한 불안정한 지지면에서 팔굽혀펴기 운동을 할 때 진동자극을 적용

하면 전거근을 효과적으로 강화시킬 수 있을 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

- 고은경, 권오윤, 김영, 정도영, 서현순. 상부승모근 근막통증 환자에 경피신경자극이 근활성도에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지. 2002;9(4):69-76.
- 김선엽, 김택연, 박성진. 슬링운동치료에서 Hanging point의 원리와 임상적 적용. 대한정형물리치료학회지. 2003;9(2):1-14.
- 김성중, 권오윤, 조상현, 황지혜. 기립자세에서 발위치가 무릎 편근의 등척성 수축 근전도 활성도에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지. 2001;8(2):1-16.
- 김영호, 태기식, 송성재. 뇌손상 후 상지 운동기능 회복 평가: 임상적 평가 및 운동반응 근전도 분석. 한국전문물리치료학회지. 2005;12(1):91-99.
- 오재섭, 박준상, 김선엽, 권오윤. 슬링과 고정된 지지면에서의 팔굽혀펴기 동작 시 근활성도 비교. 한국전문물리치료학회지. 2003;10(3):29-40.
- 정도영, 고은경, 김영, 권오윤, 이진, 이경중. 컴퓨터 작업 시 머리 자세가 상부 승모근의 근활성도에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지. 2002;9(4):53-59.
- Allegrucci M, Whitney SL, Irrgang JJ. Clinical implications of secondary impingement of the shoulder in freestyle swimmers. J Orthop Sports Phys Ther. 1994;20(6):307-318.
- Bagg SD, Forrest WJ. Electromyographic study of the scapular rotators during arm abduction in the scapular plane. Am J Phys Med. 1986;65(3):111-124.
- Basmajian JV, De Luca CJ. Muscles Alive. 5th ed. Baltimore, Williams & Wilkins. pp25-38, 1985.
- Brooks VB. Motor control. How posture and movements are governed. Phys Ther. 1983;63(5):664-673.
- Brumagne S, Lysens R, Spaepen A. Lumbosacral position sense during pelvic tilting in men and women without low back pain:

- Test development and reliability assessment. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1999;29(6):345-51.
- Cools AM, Witvrouw EE, Declercq GA, Danneels LA, Cambier DC. Scapular muscle recruitment patterns: Trapezius muscle latency with and without impingement symptoms. *Am J Sports Med.* 2003;31(4):542-549.
- Cram JR, Kasman GS, Holtz J. Introduction to surface electromyography. Maryland, Aspen. 1998;360-374.
- Decker MJ, Hintermeister RA, Faber KJ, Hawkins RJ. Serratus anterior muscle activity during selected rehabilitation exercises. *Am J Sports Med.* 1999;27(6):784-791.
- Decker MJ, Tokish JM, Ellis HB. Subscapularis muscle activity during selected rehabilitation exercises. *Am J Sports Med.* 2003;31(1):126-134.
- De Luca CJ. The use of surface electromyography in biomechanics. *J App Biomech.* 1997;13:135-163.
- Dvir Z, Berme NJ. The shoulder complex in elevation of the arm: A mechanism approach. *Biomech.* 1978;11(5):219-225.
- Ellenbecker TS, Davies GJ. Closed kinetic chain exercise. Champaign, Human kinetics. 2001;53-58.
- Forwell LA, Carnahan H. Proprioception during manual aiming in individuals with shoulder instability and controls. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1996;23(2):111-119.
- Friedman MH., Nelson AJ. Head and neck pain review: traditional and new perspectives. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1996;24(4):268-278.
- Gandevia SC, McCloskey DI, Burke D. Kinaesthetic signals and muscle contraction. *Trends Neurosci.* 1992;15(2):62-65.
- Glousman R, Jobe F, Tibone J, Moynes D, Antonelli D, Perry J. Dynamic electromyographic analysis of the throwing shoulder with glenohumeral instability. *J Bone Joint Surg Am.* 1988;70(2):220-226.
- Hess SA. Functional stability of the glenohumeral joint. *Man Ther.* 2000;5(2):63-71.
- Inman VT, Saunders JB, Abbott LC. Observations of the function of the shoulder joint. *Clin Orthop Relat Res.* 1996;330, 3-12.
- James AP, Carl D. Mechanical shoulder disorder: Perspectives in functional anatomy. Philadelphia, Elsevier Saunders. pp91-125, 2004.
- Kibler WB. The role of the scapula in athletic shoulder function. *Am J Sports Med.* 1998;26(2):325-337.
- Kirkesola G. A total concept for exercise and active treatment of musculoskeletal disorder. *Journal of Korean Academy of Orthopedic Manipulative Therapy.* 2000;7(1):87-106.
- Kirkesola G. S-E-T Advanced Level 2-U. The Upper Body course book. SET-Kompetance AS, Norway, 2004;3-17.
- Kronberg M, Nemeth G, Brostrom LA. Muscle activity and coordination in the normal shoulder. An electromyographic study. *Clin Orthop Relat Res.* 1990;257:76-85.
- 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.
- Ludewig PM, Cook TM, Nawoczenski DA. Three-dimensional scapular orientation and muscle activity at selected position of humeral elevation. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1996;24:57-65.
- Ludewig PM, Cook TM. Alternation in shoulder kinematics and associated muscle activity in people with symptoms of shoulder impingement. *Phys Ther.* 2000;80(3):276-291.
- Ludewig PM, Hoff MS, Osowski EE, Meschke SA, Rundquist PJ. Relative balance of serratus anterior and upper trapezius muscle activity during push-up exercise. *Am J Sports Med.* 2004;32(2):484-493.
- Magee DJ. Orthopedic physical assessment. 3rd ed. Philadelphia, W.B. Saunders, 1998;235-240.

- Mathiassen SE, Winkel J, Hagg GM. Normalization of surface EMG amplitude from the upper trapezius muscles in ergonomic studies: A review. *J Electromyogr Kinesiol.* 1995;5(4):197-226.
- McQuade KJ, Dawson J, Smidt GL. Scapulothoracic muscle fatigue associated with alterations in scapulohumeral rhythm kinematics during maximum resistive shoulder elevation. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1998;28(2):74-80.
- Moseley JB, Jobe FW, Pink M, Perry J, Tibone J. EMG analysis of the scapular muscles during a shoulder rehabilitation program. *Am J Sports Med.* 1992;20(2):128-134.
- Parkhurst TM, Burnett CN. Injury and proprioception in the lower back. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1994;19(5):282-295.
- Peat M. Functional anatomy of the shoulder complex. *Phys Ther.* 1986;66(12):1855-1865.
- Reynolds L, Levin TA, Medeiros JM, Adler NS, Hallum A. EMG activity of the vastus medialis oblique and the vastus lateralis in their role in patellar alignment. *Am J Phys Med.* 1983;62(2):61-70.
- Saha AK. Dynamic stability of the glenohumeral joint. *Acta Orthop Scand.* 1971;42(6):491-505.
- Sahrmann SA. Diagnosis and treatment of movement impairment syndrome. New York, Mosby, 2002;251-284.
- Schenkman M, Rugo DCV. Kinesiology of the shoulder complex. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1987;8(9):438-450.
- Scovazzo ML, Browne A, Pink M, Jobe FW, Kerrigan J. The painful shoulder during freestyle swimming. An electromyographic cinematographic analysis of twelve muscles. *Am J Sports Med.* 1991;19(6):577-582.
- Signorile JF, Kacsik D, Perry A, Robertson B, Williams R, Lowensteyn I, Digel S, Caruso J, LeBlanc WG. The effect of knee and foot position on the electromyographical activity of the superficial quadriceps. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1995;22(1):2-9.
- Soderberg GL, Cook TM. Electromyography in biomechanics. *Phys Ther.* 1984;64(12):1813-1820.
- Soderberg GL, Knutson LM. A guide for use and interpretation of kinesiological electromyographic data. *Phys Ther.* 2000;80(5):485-498.
- 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):310-320.
- Wadsworth DJ., Bullock-Saxton JE. Recruitment patterns of the scapular rotator muscles in freestyle swimmers with subacromial impingement. *Int J Sports Med.* 1997;18(8):618-624.
- Warner JJ, Micheli LJ, Arslanian LE, Kennedy J, Kennedy R. Scapulothoracic motion in normal shoulders and shoulders with glenohumeral instability and impingement syndrome. A study using Moire topographic analysis. *Clin Orthop Relat Res.* 1992;285:191-199.
- Wilk KE, Arrigo CA. Current concepts in the rehabilitation of the athletic shoulder. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1993;18(1):365-378.
- Zarins B, Rowe CR. Current concepts in the diagnosis and treatment of shoulder instability in athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 1984;16(5): 444-448.