대한통합의학회지 제1권 제4호, 2013년 12월
Vol.1, No.4, December 2013. p.85~92
ISSN : 2288-1174

작은가슴근의 단축이 등세모근과 큰가슴근의 근 활성도에 미치는 영향

양회송 · 배세현*
청암대학교 물리치료과

Effects of Shortening of Pectoralis Minor Muscle on Muscle Activity of Trapezius and Pectoralis Major Muscles

Yang Hoesong, PT, Ph.D · Bae Sehyeon, PT, MSc*
Department of Physical Therapy, Cheongam College

Abstract

PURPOSE : The purpose of this study was to determine the effects of the length of the pectoralis minor on muscle activity of trapezius and pectoralis major in subjects in subjects with shortened pectoralis minor muscle.

METHOD : The subjects was participated in 36 with shortened pectoralis minor muscle. All subjects was examined the length test of pectoralis minor muscle. we divided by 3 groups. group Ⅰ(n=12) was for 4~5cm of length of pectoralis minor muscle, group Ⅱ(n=12) was for 5~6cm, group Ⅲ(n=12) was for above 6cm. The EMG activity of upper trapezius, middle trapezius, lower trapezius and pectoralis major muscle activity was measured by surface EMG while elevationg the right arm in sitting postion with head to the neutral, shoulder elevation 135° with scaption. Data were analyed using one-way ANOVA with a Tukey post hoc test.

RESULT : The EMG activity differed significantly among the three groups($p<.05$). The group Ⅲ had significantly greater EMG activity of upper trapezius and pectoralis major muscles than group Ⅰ and Ⅱ($p<.05$). Also, The group Ⅲ had significantly smaller EMG activity of lower trapezius muscle than group Ⅰ and Ⅱ($p<.05$). But, these was no significant difference in the EMG activity of the middle trapezius muscle among the groups (p.05).

CONCLUSION : Therefore, the result of this study should be suggested that the shortened pectoralis minor muscle was affected the EMG activity of the upper trapezius, lower trapezius and pectoralis major. Ultimately the length of the pectoralis minor muscle leads to the muscle imbalance in shoulder girdle.

Key Words : muscle imbalance, muscle activity, pectoralis minor, trapezius

*교신저자 :
배세현 qbseadp@naver.com, 061-740-7330
접수일 : 2013년 11월 11일 | 수정일 2013년 11월 25일 | 게재확정일 : 2013년 12월 12일

I. 서 론

현대인들의 일상생활 환경은 학교에서부터 직장, 가정에 이르기까지 많은 부분이 컴퓨터를 이용하여 이루어지며, 한 개인에 있어서도 텔레비전, 컴퓨터, 게임기, 최근 들어서는 스마트폰의 보급으로 다양한 정보를 접하고 활용하고 있다(Mobile world congress report, 2010). 하지만 이러한 스마트폰을 장시간 사용하는 중독 현상이 발생하고 있으며(김동일 등, 2012), 이러한 부작용으로 머리전방자세와 둥근 어깨 자세를 발생시켜 근육의 불균형을 유발시킬 수 있다(김창현과 한경수, 1999; Tepper 등, 2003).

머리전방자세는 머리가 전방으로 놓이게 되어 머리의 굽힘 모멘트가 증가하게 되고, 시선을 전면에 고정하기 위해 윗목뼈관절과 고리뒤통수관절의 보상적인 과도한 폄을 유발시켜 머리와 목의 뒤쪽 근육이 단축되고 윗목뼈는 상대적으로 앞쪽으로 돌출되며, 얼굴이 위쪽을 향하게 되는 것으로 정의한다(Cailliet, 1997). 둥근 어깨 자세는 신체의 중력선과 비교했을 때 어깨관절의 어깨뼈봉우리가 앞쪽으로 돌출되고 어깨뼈가 거상되어 있는 자세로 아랫목뼈의 앞쪽굽이증가와 윗등뼈의 뒷쪽굽이가 증가됨에 따라 어깨뼈가 내밈과 하방회전, 전방으로 기울어지게 된다(박재만, 2010; Sahrmann, 2002). 이와 같은 잘못된 자세의 지속적인 유지는 상위교차증후군을 발생시키며 마름근, 앞톱니근, 아래등세모근 등 심부굽힘근이 약해지고 큰가슴근, 작은가슴근, 윗등세모근, 어깨올림근은 경직되고, 머리, 턱관절, 목뼈, 등뼈, 어깨, 팔 등의 통증을 야기시킨다(이대희, 2011; Janda, 1994; Mekhora 등, 2000). 이렇듯 둥근 어깨 자세는 작은가슴근의 단축을 가져오며 등세모근의 역할을 변화시킨다. 특히, 작은가슴근은 3, 4, 5번째 갈비뼈에서 시작하여 어깨뼈 부리돌기(coracoid process)부착되어 있어 단축 시 어깨뼈의 전방경사를 유발시켜 정상적인 정렬을 벗어나게 한다(Sahrmann, 2002). 이러한 전방경사는 어깨관절을 굽힘 시 윗등세모근의 과도한 수축을 발생시키며 아래등세모근은 신장 약화를 만들어 여러 임상적 어깨뼈 증후군을 유발 시킨다(Sahrmann, 2002).

어깨뼈의 바른 정렬은 상지의 기능적 움직임을 수행 시 필수적인 요소이다(Hebert 등, 2002). 정상적인 어깨뼈의 위치는 개인차이가 있지만 대부분 관상면에 대해 30° 각도로 위치하고 내측연은 척추에 평행, 어깨뼈 위각(superior angle)은 등뼈 2번과 3번 가시돌기 수준이고, 어깨뼈 가시는 흉추 3번과 4번의 가시돌기 수준이며, 어깨뼈 아래각(inferior angle)은 등뼈 7번과 9번 가시돌기 사이에 위치한다(Nijs 등, 2007). 어깨뼈의 아래각과 내측연은 가슴벽에 편평하게 위치해야 한다(Struyf 등, 2009). 하지만 작은가슴근이 단축된 환자는 어깨뼈의 전방경사로 인하여 비정상적인 정렬이 발생한다. 단축된 작은가슴근과 신장 약화된 아래등세모근은 선택적 신장 운동과 근력강화 운동이 필요하다(Page 등, 2010).

작은가슴근 단축은 어깨관절 관절형상학에 영향을 미치고 어깨와 관련된 견봉하점액낭염, 충돌증후군 등 여러 질환을 발생시킨다. 또한 어깨이음뼈 주변근육의 근육 불균형을 발생시킨다(Janda, 1994). 최지영 등(2012)은 작은가슴근 단축 대상자에게 등세모근의 근활성도를 측정하여 근육 불균형이 발생되는 것을 확인하고 어깨뼈 정렬이 근육 불균형을 감소시킨다고 보고하였다. 그러나 작은가슴근 단축 정도에 따라 윗등세모근, 중간, 아래 등세모근과 큰가슴근의 근활성도를 세분화한 연구는 부족한 실정이다. 그러므로 본 연구에서는 작은가슴근 단축 정도에 따라 대상자를 구분하여 작은가슴근 단축이 등세모근의 위섬유, 중간섬유, 아래섬유의 근활성도에 어떠한 영향을 가져오는지 알아보고자 하였다.

Ⅱ. 연구방법

1. 연구대상

전남 소재 C대학에 재학 중이며 스마트폰을 사용하는 120명의 대상자에게 Sahrmann (2002)의 작은 가슴근 측정 방법을 사용하여 작은 가슴근의 단축 정도를 판별하였다(그림 1). Borstad와 Ludewig(2005)은 작은가슴근 측정 시 2.5cm 이상이면 작은가슴근의 단축이 있다고 하였다. 하지만 본 실험에서는 단축길이의 크기가 근활성도에 차이가 있는지 알아보기 위해 대상자 선정 기준을 단축검사 시 4cm 이상의 양성 반응을 보인 자, 우세측이 오른쪽인 자, 과거 상지에 정형외과적 치료가 없는 자, 규칙적인 운동을 하지 않은 자, 감각 이상이 없는 자 36명을 선발하였다. 단축길이 검사 시 4cm～5cm를 나타내는 12명을 실험군Ⅰ, 5cm～6cm를 나타내는 12명을 실험군Ⅱ, 6cm 이상을 나타내는 12명을 실험군 Ⅲ으로 설정하였다. 모든 대상자들은 본 연구의 목적을 이해하고 자발적으로 동의하였다(표 1).

그림 1. 작은가슴근 길이 검사

표 1. 연구대상자의 일반적 특성 (N=36)

	실험군Ⅰ (n=12)	실험군Ⅱ (n=12)	실험군Ⅲ (n=12)
성별 (남/여)	5/7	6/6	4/8
나이(세)	20.42±0.51[a]	20.53±0.52	21.00±0.47
신장(cm)	166.12±5.86[a]	163.43±5.81	164.90±3.67
체중(kg)	65.25±7.66[a]	58.33±9.51	62.80±5.49

[a]평균±표준편차

2. 측정도구 및 실험방법

등세모근의 위섬유, 중간섬유, 아래섬유, 큰가슴근의 근활성도를 측정하기 위하여 Pocket EMG(BTS Co, Italy)를 사용하였다. 근전도 표본 추출률은 1000 Hz로 하였으며, 주파수 대역은 20～500 Hz로, 노치 필터(notch filter)는 120 Hz를 설정하였다. 근전도 신호는 제곱 평균 제곱근법(root mean square; RMS)로 처리하였다.

표면 근전도 전극(Ag/Agcl Electrodel; Surface Electrode, 3M Company, USA) 부착부위는 기존 연구를 참조하여 부착하였다(Cools 등, 2007). 전근 부착 자세는 대상자를 엎드리게 한 후 (표 2)의 위치에 나타난 부분에 부착하였다.

모든 대상자는 등받이가 있는 의자에 앉은 자세에서 2㎏의 아령을 들고 머리는 중립(neutral)으로 하고, 견갑면(scaption) 방향으로 팔은 135° 올림, 엄지손가락을 천장 쪽으로 들어 올리는 동작을 수행하게 하였다(그림 2). 대상자들은 일정한 각도에서 동일하게 팔을 들어올리기 위해 견갑면(scaption) 방향으로 수직 막대와 수평 막대(target bar)를 사용하였다. 수평 막대 설치는 팔을 몸통에 붙이는 각도를 0°로 하고 135° 지점에 수직 막대를 세우고 그 지점에서 수평 막대를 설치하였다(최지영 등, 2012)(그림 2). 대상자들은 수평 막대까지 팔을 들어 올리고 5초간 유지하게 하였으며 총 3회 반복측정 하여 평균값을 사용하였다. 측정 사이에 휴식시간은 1분으로 정하여 근 피로를 최소화 하였다.

또한 등세모근 위, 중간, 아래 섬유, 큰가슴근의 최대등척성수축(MVIC) 측정 자세는 Kendall 등(1993)의 표준화된 맨손근력측정 자세에서 시행하였다. 등세모근 위 섬유 MVIC측정은 바르게 앉은 자세에서 오른쪽 어깨의 올림과 목 동측굽힘과 반대측으로 돌림한 상태에서 어깨와 뒤통수에 최대 등척성수축을 일으킬 수 있는 저항을 적용하였다. 중간 섬유 MVIC측정은 엎드려 누운 자세에서 대상자의 팔을 90° 벌림, 팔꿈치를

90° 굽힘 상태로 두고 위팔 ⅓지점에서 최대등척성수축을 일으킬 수 있는 저항을 적용하였다. 아래 섬유 MVIC측정은 엎드려 누운 자세에서 오른쪽 어깨를 120° 수평 벌림하고 팔을 들게 한 후 대상작의 아래팔에 최대등척성수축을 일으킬 수 있는 저항을 적용하였다. 큰가슴근의 MVIC측정은 바르게 누운 자세에서 오른쪽 어깨를 90° 벌림, 팔꿈관절 90° 굽힘하고 최대등척성수축을 일으킬 수 있는 저항을 적용하였다.

모든 MVIC측정 시 근활성도 수집은 5초 동안 3회 반복측정 하였으며 처음과 끝의 1초를 제외한 중간 3초 구간의 RMS 값을 구하여 사용하였다. 모든 MVIC 측정 뒤에는 3분의 휴식시간을 가졌다.

표 2. EMG 전극 부착 부위

근육	전극 부착 부위
등세모근 위섬유	7번 경추 극돌기와 어깨뼈 봉우리 사이에서 약간 내측
등세모근 중각섬유	어깨뼈 안쪽 모서리에서 내측 2cm 수평방향
등세모근 아래섬유	어깨관절 90도 굽힘 상태에서 어깨뼈가시 내측방향 5cm에서 외측상방 사선 방향
큰가슴근	겨드랑이 주름에서 내측 2cm

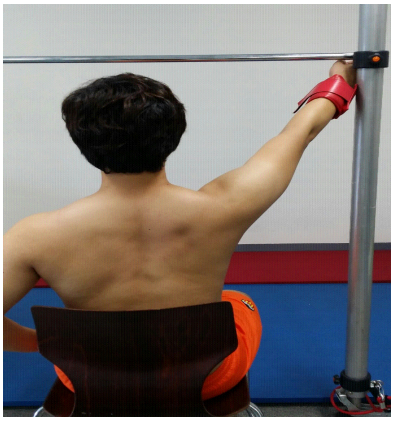

그림 2. 측정 자세

3. 분석 방법

대상자의 정규성 검정을 위해 KS (Kolmogorov-Smirnov) test를 사용하였다. 실험군 Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ 군 간의 등세모근, 큰가슴근의 근활성도 차이를 알아보기 위해 ANOVA를 사용하였으며 사후분석은 Tukey 방법을 사용하였다. 본 연구의 통계적 분석은 SPSS(Statistical Package for the Social Sciences) 12.0 통계 프로그램을 이용하여 분석하였으며 모든 통계적 유의수준은 α=.05로 설정하였다.

Ⅲ. 결 과

작은가슴근의 단축 크기 정도에 따른 등세모근 위 섬유, 중간 섬유, 아래 섬유, 큰가슴근의 근 활성도는 (표 3)(그림 3)과 같다. 단축길이에 따라 등세모근 위 섬유의 근 활성도를 각 군과 비교한 결과, 실험군 Ⅰ과 Ⅱ , Ⅱ과 Ⅲ 비교 시 근 활성도에 유의한 차이나 나타났다. 즉 단축 길이가 커질수록 근 활성도가 증가하였다($p<.05$). 등세모근 아래 섬유의 근 활성도를 각 군과 비교 결과 실험군 Ⅰ과 Ⅱ , Ⅰ과 Ⅲ 비교 시 근 활성도의 유의한 차이나 나타났다. 즉 단축 길이가 커질수록 근 활성도가 감소하였다($p<.05$). 큰가슴근의 근 활성도를 각 군과 비교 결과 실험군 Ⅰ과 Ⅲ 비교 시 근 활성도의 유의한 차이나 나타났다. 즉 단축길이가 커질수록 근 활성도가 증가하였다($p<.05$). 하지만 등세모근 중간 섬유의 근 활성도는 단축길이에 따라 유의한 차이가 나타나지 않았다 ($p>.05$).

표 3. 작은가슴근 단축크기에 따른 근 활성도 단위: %MVIC

	등세모근 위섬유	등세모근 중간섬유	등세모근 아래섬유	큰가슴근
실험군 Ⅰ	115.73±51.63	35.82±20.75	51.24±25.10	29.40±21.00
실험군 Ⅱ	147.16±97.95	43.15±24.04	38.89±22.42*3	37.68±26.47
실험군 Ⅲ	195.71±89.74*1,2	45.50±22.11	35.49±17.37*4	42.58±16.50*5

ANOVA test, post hoc Tukey; *1; Ⅰ-Ⅲ p=.001, *2; Ⅱ-Ⅲ p=.048, *3; Ⅰ-Ⅱ p=.041, *4; Ⅰ-Ⅲ p=.013, *5; Ⅰ-Ⅲ p=.048

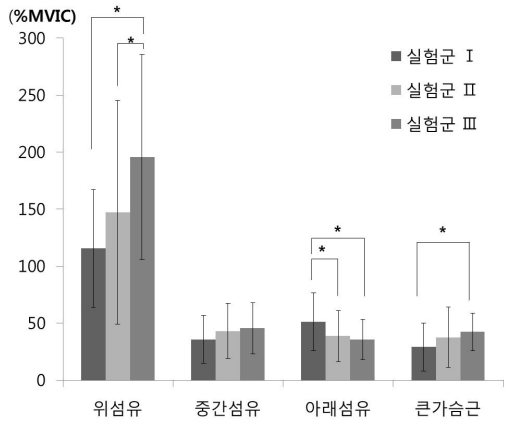

그림 3. 작은가슴근 단축 크기에 따른 근 활성도

Ⅳ. 고 찰

자세는 신체 위치를 특정한 활동을 하기 위한 모든 신체 부분과 연관된 배열이며 신체를 지지하는 방식이다(Brunnstrom 등, 1983). 또한 자세는 신체의 모든 관절을 혼합하고 있는 정렬로 각각의 관절은 다른 관절의 정렬에도 영향을 미친다.

그러나 현대 사회는 스마트폰의 보급과 장시간의 업무로 인해 오랜 시간 구부정한 자세로 앉아 생활하는 사람들이 증가하고 있으며 이로 인해 등세모근 아래 섬유가 신장 약화되는 경향이 증가되고 있다(Griegel- Morris 등, 1992). 그 중에서 둥근 어깨 자세는 증가된 경추 전만과 상부 흉추 후만에 대해 어깨뼈가 전인, 하방회전, 전방 기울임이 나타나는 게 특징이다. 이러한 둥근 어깨 자세의 원인은 다양하나, 그중 작은가슴근의 단축은 어깨뼈가 전방경사 되며, 등세모근의 아래섬유는 약화되어 어깨뼈를 상방회전 시키는 근육들의 불균형을 만들어 결론적으로 어깨-위팔뼈 리듬(scapulo-humeral rhythm)에 장애를 가져와 상지 기능 수행에 많은 어려움을 발생시킨다(Kendall 등, 1993). Sahrmann(2002)은 이러한 문제로 익상 어깨뼈(scapular winging), 어깨뼈 내림 증후군(scapular depression syndrome), 어깨뼈 벌림 증후군(scapular abduction syndrome), 어깨뼈 하방 돌림 증후군(scapular downward rotation syndrome)같은 임상적 어깨증후군을 가져온다고 하였다.

본 연구는 둥근 어깨 자세를 가지고 있는 대상자 중 작은가슴근의 단축길이를 측정하여 그 단축 크기 변화 정도에 따라 등세모근의 위 섬유, 중간 섬유, 아래 섬유, 큰가슴근의 근육 활성도에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 실시하였다. 본 연구의 결과 작은가슴근의 단축 길이에 따라 등세모근 위 섬유의 근 활성도를 비교한 결과, 단축 길이가 커질수록 근 활성도가 증가하였다($p<.05$). 등세모근 아래 섬유의 근 활성도를 비교한 결과 단축 길이가 커질수록 근 활성도가 감소하였다($p<.05$). 큰가슴근의 근 활성도를 비교한 결과 단축 길이가 커질수록 근 활성도가 증가하였다($p<.05$). 그러나 등세모근 중간 섬유의 근 활성도는 단축 길이에 따라 유의한 차이가 나타나지 않았다($p>.05$).

둥근 어깨 자세는 어깨뼈의 위치를 변화시키며 이러한 어깨뼈의 위치 변화는 그 주위 근육의 길이가 너무 길어지거나 짧아진 상태가 되어 길이-장력 관계(length-tension relationship)를 변화시켜 근육이 장력을 발생시키는데 변화를 나타내게 된다(Ettema & Huijing, 1994). 본 연구의 결과에서 작은가슴근의 단축이 증가할수록 등세모근의 위 섬유는 근육 활성도가 증가 하였고, 아래 섬유는 반대로 근육 활성도가 감소하였다. 이러한 이유는 작은가슴근이 단축되면 어깨뼈가 전방경사되어 등세모근의 아래 섬유 근육 길이가 과도하게 길어져 근육 활성도가 감소한 것으로 보인다. 또한, Cools 등(2007)은 작은가슴근 단축은 어깨뼈 상방회전에 작용하는 앞톱니근과 등세모근 아래 섬유의 약화를 초래하며, 등세모근 위 섬유의 과사용으로 인해 근육간의 불균형 패턴이 나타난다고 하여 본 연구와 유사한 결과를 나타냈다. 하지만 등세모근의 중간 섬유는 작은가슴근의 단축 길이 크기 변화에 유의한 차이를 보이지 않았는데 이는 등세모근 아래 섬유의 근 섬유 방향과 일치하는 어깨관절

120° 수평 벌림 자세에서 측정하였기 때문이라고 생각된다. 본 결과는 대상자를 엎드린 자세에서 어깨관절을 120° 수평 버림 한 후 팔을 들어 올려서 등세모근의 중간 섬유 근육 활성도를 측정한 최지영 등(2012)의 연구와 같은 결과를 나타냈다.

또한, 작은가슴근의 단축 길이가 증가할수록 큰가슴근의 근육 활성도는 증가하였는데 이는 둥근 어깨 자세에서 큰가슴근과 작은가슴근이 단축된다는 Janda(1994)의 주장과 같은 결과를 나타냈다. 큰가슴근육은 위팔어깨관절(glenohumeral joint) 기능부전을 나타낼 수 있는 근육이다. 큰가슴근과 어깨밑근이 적절한 근 맞균형(counterbalance)을 생성하지 못하면, 위팔뼈 머리가 앞쪽 활주(anterior gliding)되거나 견갑대가 하강되고 어깨뼈의 상승이 어려워져 기능적인 문제를 야기 시킬 수 있다(Sahrmann, 2002). 이렇듯, 작은가슴근의 단축 크기가 증가 할수록 큰가슴근의 근육활성도도 다른 주변 근육과 균형을 이루지 못하고 증가하여 여러 가지 임상적 질환을 유발시킨다.

이와 같이 둥근 어깨 자세를 가진 사람들은 작은가슴근이 단축되며 그 단축 길이가 커질수록 어깨뼈 부정렬이 나타난다. 어깨뼈 부정렬이 발생하면 상지 움직임 시 안정성을 제공하지 못하고 그로 인해 상지 기능에 문제를 가져올 것이다(Hebert 등, 2002). 그러므로 단축된 작은가슴근으로 인한 어깨뼈의 전방경사는 어깨관절을 굽힘할 때 어깨뼈를 벌림과 내림을 통하여 후방경사(posterior tilt)를 만들어 줘야 할 것이다(Sahrmann, 2002).

둥근 어깨 자세를 가진 사람을 대상으로 작은가슴근의 단축 길이를 분류해서 등세모근과 큰가슴근의 근육 활성도를 비교해 본 결과 단축 길이가 커질수록 등세모근의 위 섬유는 과도하게 활동을 하고, 아래 섬유는 반대로 근육 활동이 감소되어 작은가슴근 단축길이가 커질수록 근육 불균형이 심하게 나타남을 확인할 수 있었다. 또한, 큰가슴근의 근육활성도가 증가되어 더욱더 근육 불균형을 초래하는 결과를 가져왔다. 하지만 중간 섬유는 단축 길이에 크게 영향을 받지 않았다. 이렇듯 둥근 어깨 자세는 어깨뼈 주변 근육의 불균형을 가져와 지속적인 상태를 유지할 경우 잘못된 움직임으로 이차적인 근골격계 질환을 발생시킬 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점은 젊은 정상 성인들을 대상으로 하였기 때문에 일반화시키는 데에는 제한이 있을 것이다. 또한, 작은가슴근 단축 정도에 따른 주변 근육의 활성도만 확인하였기 때문에 중재에 따른 근활성도 변화를 알 수 없었다. 그러므로 차후 연구에서는 작은가슴근 단축 대상자에게 치료적 중재를 통해 등세모근과 큰가슴근의 근육 활성도가 어떻게 변화하는지 알아보는 연구가 필요할 것이다.

Ⅴ. 결 론

본 연구는 둥근 어깨 자세를 가지는 대상자중 작은가슴근 단축 검사를 통해 단축 크기에 따라 등세모근의 위 섬유, 중간 섬유, 아래 섬유 그리고 큰가슴근의 근육 활성도 차이를 알아보기 위해 시행하였다. 그 결과 작은가슴근 단축 길이 크기가 커질수록 등세모근 위 섬유 근육과 큰가슴근의 근육 활성도는 증가하였고 등세모근 아래 섬유는 감소하였다. 또한 단축 길이가 커질수록 근육 불균형이 증가하는 것을 알 수 있었다.

앞으로의 연구에서는 대상자들을 다양화하고 작은가슴근의 단축을 중재 시 근육 활성도에 어떠한 변화를 나타내는지 알아보는 연구가 필요할 것이다.

참고문헌

김동일, 이윤희, 이주영 등(2012). 미디어 이용 대체·보완과 중독 : 청소년과 성인의 인터넷 및 스마트폰 사용 형태를 중심

으로. 청소년상담연구지, 20(1), 71-88.
김창현, 한경수(1999). 후두하 신장운동이 두경부자세와 흉세유돌근 및 승모근 활성에 미치는 영향. 원광대학교 치의학연구소, 9(2), 175-185.
박재만(2010). Push-up plus 운동이 둥근 어깨를 가진 대상자의 견갑골 위치와 근 활성도에 미치는 영향. 대불대학교 보건대학원, 석사학위 논문.
이대희(2011). 균형운동과 신장운동이 두부 전방전위 자세에 미치는 영향. 대구대학교, 박사학위 논문.
최지영, 장준혁, 오재섭(2012). 수동적 어깨뼈 정렬이 작은가슴근 단축된 사람의 등세모근 근활성도에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지, 19(2), 12-19.
Borstad JD, Ludewig PM(2005). The effect of long versus short pectoralis minor resting length on scapular kinematics in healthy individuals. J Orthop Sports Phys Ther, 35(4), 227-238.
Brunnstrom S, Lehmkuhl LD, Smith LK(1983). Brunnstrom's clinical kinesiology. 4th ed, Philadelphia, FA Davis.
Cailliet R(1997). Soft tissue pain and disability 3rd ed, Philadelphia, F.A. Davis.
Cools AM, Declercq GA, Cambier DC et al(2007). Trapezius activity and intramuscular balance during isokinetic exercise in overhead athletes with impingement symptoms. Scand J Med Sci Sports, 17(1), 25-33.
Ettema GJ, Huijing PA(1994). Effects of distribution of muscle fiber length on active length-force characteristics of rat gastrocnemius medialis. Anat Rec, 239(4), 414-420.
Griegel-Morris P, Larson K, Mueller-Klaus K et al(1992). Incidence of common postural abnormalities in the cervical, shoulder, and thoracic regions and their association with pain in two age groups of healthy subjects. Phys Ther, 72(6), 425-431.
Hebert LJ, Moffet H, McFadyen BJ et al(2002). Scapular behavior in shoulder impingement syndrome. Arch Phys Med Rehabil, 83(1), 60-69.
Janda V(1994). Muscles and motor control in cervicogenic disorders: Assessment and management. Physical therapy of the cervical and thoracic spine. New York, Churchill Livingstone.
Kendall FP, McCreary EK, Provance P (1993). Muscle, testing and function : with posture and pain. 4th ed, Baltimore, Williams & Wilkins.
Mekhora K, Liston C, Nanthavanij S et al(2000). The effect of ergonomic intervention on discomfort in computer users with tension neck syndrome. Int J Ind Ergonom, 26(3), 367-379.
Nijs J, Roussel N, Struyf F et al(2007). Clinical assessment of scapular positioning in patients with shoulder pain: state of the art. J Manipulative Physiol Ther, 30(1), 69-75.
Page P, Frank CC, Lardner R(2010). Assessment and treatment of muscle imbalance: The Janda approach. Champaign, Human Kinetics.
Sahrmann S(2002). Diagnosis and treatment of movement impairment syndromes. St. Louis, Mosby.
Struyf F, Nijs J, Coninck K et al(2009). Clinical assessment of scapular positioning in musicians: An intertester reliability study. J Athletic Training, 44(5), 519-526.
Tepper M, Vollendroek-Hutten M, Hermens H et al(2003). The effect of an ergonomic computer device on muscle activity of the upper trapezius muscle during typing.

Appl Ergon, 34(2), 125-130.
Mobile world congress report(2010). http://www.businessweek.com/globalbiz/europe/special_reports/20100215.