

견관절 외전 각도에 따른 중간 및 하부 승모근의 근 활성화도 비교

이원휘, 하성민, 박규남, 김수정
연세대학교 대학원 재활학과

원종혁
연세대학교 원주의과대학 원주기독병원 재활의학과

최홍식
한서대학교 물리치료학과

Abstract

A Comparison of EMG Activity for Middle and Lower Trapezius Muscle According to Shoulder Abduction Angles

Won-hwee Lee, M.Sc., P.T.

Sung-min Ha, M.Sc., P.T.

Kyue-nam Park, M.Sc., P.T.

Su-jung Kim, M.Sc., P.T.

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

Jong-hyuk Weon, Ph.D., P.T.

Dept. of Rehabilitation Medicine, Wonju Christian Hospital, Yonsei University

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

Dept. of Physical Therapy, Hanseo University

The purpose of this study was to compare electromyography (EMG) activity for the middle and lower trapezius muscle according to various shoulder abduction angles. Thirty healthy male subjects were recruited for this study. Each subject performed three repetitions of horizontal abduction at 75°, 90°, 125°, 160°, and 180° of shoulder abduction angle in a prone position. Surface EMG activity was recorded from the middle and lower trapezius while the subjects held for five seconds at a predetermined position. The EMG activity was normalized using the maximal voluntary isometric contraction (MVIC) elicited using a manual muscle testing technique. A repeatedly measured ANOVA was performed by Bonferroni's post hoc test. The EMG activity of the middle and lower trapezius was significantly different among shoulder abduction angles ($p < .05$). The greatest level of muscle activity for the middle and lower trapezius were demonstrated at 90° and 160° of shoulder abduction angle, respectively. These results suggest that middle and lower trapezius strengthening exercise and manual muscle testing should be performed at different shoulder abduction angles.

Key Words: Electromyography; Lower trapezius muscle; Middle trapezius muscle.

I. 서론

승모근(trapezius)은 상부(upper), 중간(middle), 하부(lower)의 세 가지 근 섬유(muscle fiber)로 나누어지며,

견관절의 안정성과 기능성을 유지하는데 중요한 역할을 한다(Bentman 등, 2010; Kinney 등, 2008). 특히 승모근은 견관절 외전시 견갑골이 상방 회전을 하는 견갑상완 리듬(scapulothoracic rhythm)을 위해 전거근과 합

통신저자: 최홍식 hschoi@hanseo.ac.kr

계 짝힘(force couple)으로 작용하므로 승모근의 역할은 매우 중요하다(Faria 등, 2009; Neumann, 2002; Tucker 등, 2010). 또한 승모근의 세가지 근 섬유들은 각각 주행방향이 다르므로 그 역할이 서로 다르다(Ekstrom 등, 2005; Sahrman, 2002). 상부 승모근은 주로 견갑골을 상승시키고 목을 신전시키며, 또한 수축하는 방향의 반대방향으로 목을 회전시킨다. 중간 승모근은 견갑골을 후인(retraction)시키고, 하부 승모근은 견갑골을 하강, 내전, 회전과 흉추를 신전시키며, 견갑골이 전인(protraction)될 때 원심성 조절을 한다(Arlotta 등, 2010; Cool 등, 2004; Kendall 등, 2005). 견관절을 외전하는 동안에도, 승모근의 각 근 섬유들은 외전의 시기에 따라 다르게 활성화 된다. 상부 승모근은 견갑골의 상방회전과 상승을 위해 주로 외전 초기에 활성화되고, 하부 승모근은 견갑골을 아랫방향으로 당겨 견갑골의 정렬을 유지해야 하므로 외전 후기에 활성화된다(Neumann, 2002). 그러므로, 승모근 중 하나의 근 섬유라도 기능 부전이나 약화(weakness)가 있으면 근 불균형이 나타나고 근 지구력이 감소하며 길이 장력 관계(length-tension relationship)와 짝힘의 변화가 발생하여 견갑상완 리듬에 변화를 초래한다(Ebaugh와 Spinelli, 2010; Moseley 등, 1992).

특히 중간 승모근과 하부 승모근은 견갑흉추 관절(scapulothoracic joint)을 안정화 시키는 중요한 근육으로 간주되어 이 근육들의 소실은 정상적인 견관절의 기능을 손상시키고 충돌 증후군(impingement syndrome)과 견관절의 불안정성을 증가시킨다(De Mey 등, 2009). 특히 견봉하 충돌 증후군(subacromial impingement syndrome) 환자에게서 하부 승모근의 근 활성도는 정상인보다 유의하게 낮았다고 보고되었다(Chester 등, 2010). 또한 특별한 마비가 없더라도 자세나 작업으로 인한 스트레스로 인해 중간 승모근과 하부 승모근의 근력이 감소될 수 있다(Kendall 등, 2005). 흉추 후만(kyphosis)이 증가되어 있는 경우에도 중간 승모근과 하부 승모근의 약화가 나타날 수 있고, 이 근육들의 점진적이고 지속적인 염좌는 상부 흉추 부위에 통증을 일으킬 수 있다(Kendall 등, 2005). 특히 중간 승모근의 약화는 견갑골이 외전되어 있고 어깨가 전방으로 돌출된 사람에게 나타나고, 하부 승모근의 약화는 견갑골이 거상되거나 소흉근(pectoralis minor)의 단축으로 견갑골이 전방 경사(anterior tilt)된 사람에게 나타난다(Kendall 등, 2005). 또한 다른 승모근 섬유들에 비해 상부 승모근의 근 활성

도가 상대적으로 과도하다면 하부 승모근과 전거근의 조절이 감소되고 팔이 움직이는 동안 견갑골의 비정상적 움직임을 일으킨다(Cools 등, 2003; 2004).

그러므로 견관절의 기능을 평가하기 위해 승모근의 각각의 근 섬유들의 기능이나 승모근내 근 섬유들 간에 조화로운 수행능력을 평가하는 것이 중요하다. 최근에는 이러한 승모근 근육내의 불균형을 줄이기 위하여 약한 근육 부위들을 선택적으로 강화시키는 근력 강화 운동들이 연구되고 있다(Cools 등, 2007; Kinney 등, 2008). 승모근내 근 섬유별로 근력을 정확히 측정하기 위해서는 각각의 근 섬유별로 가장 활성화 되는 자세에 대해 알아야 한다. 실제 임상에서는 주로 Kendall 등(2005)이나 Hislop과 Montgomery (2002)에 의해 제시된 자세에서 도수 근력 검사(manual muscle testing)를 실시하고 있다. 상부 승모근의 근력 검사는 주로 앉은 자세에서 실시하지만, 중간 승모근과 하부 승모근은 엎드린 자세에서 검사한다(Hislop과 Montgomery, 2002; Kendall 등, 2005). 대부분의 연구에서 중간 승모근과 하부 승모근의 근력검사는 근 섬유별로 섬유 방향이 다르고, 기능에도 차이가 있으므로 견관절의 외전 각도에 차이를 두어 검사하였다. 중간 승모근은 견관절을 외회전 하고 90°외전한 각도에서 검사를 하고, 하부 승모근은 견관절을 90°이상으로 외전한 각도에서 검사를 한다. Kendall 등(2005)은 하부 승모근의 근력검사는 팔을 머리 위 대각선 방향으로 외전하여 검사한다고 제시하였고, Tucker 등(2010)은 견관절을 125°외전한 자세를 검사 자세로 제시하였다. 하지만 Kinney 등(2008)은 하부 승모근이 견관절 125°외전보다는 90°외전 각도에서 더 높은 근 활성도가 나타나므로 하부 승모근과 중간 승모근의 근력을 90°외전 자세에서 같이 측정하면 된다고 제안하였다(Hislop과 Montgomery, 2002; Kendall 등, 2005; Palmer와 Epler, 1990). 그러므로 어깨 외전 각도에 따라 각 근 섬유의 근 활성도를 비교하여, 가장 높은 근활성도를 보이는 어깨 외전 각도에 대한 연구가 필요하다. 따라서, 본 연구는 표면 근전도를 이용하여 견관절의 외전 각도에 따라 중간 승모근과 하부 승모근의 근 활성도를 수집하여, 5개의 외전 각도에서 근육들의 근 활성도를 비교하여, 각 근 섬유의 가장 높은 근 활성도를 보이는 각도를 알아보고, 승모근의 섬유별 평가를 할 때 특정한 하나의 어깨 외전 각도에서 평가를 해야 하는지 아니면 섬유별로 다른 어깨 외전 각도에서 평가를 해야 하는지 알아보기 위하여 실시하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

연구대상자는 실험 전에 본 연구의 목적과 방법에 대해 충분히 설명을 듣고, 자발적으로 실험 참여에 동의를 한 연세대학교에 재학 중인 건강한 성인 남자 30명을 대상으로 실시하였다. 연구 대상자 중에서 상지의 선천적인 기형, 심각한 외과적 혹은 신경학적 질환, 지난 6개월 동안 상지의 외상, 목과 등 또는 견관절의 통증을 경험한 대상자는 제외시켰다. 연구 대상자의 평균 연령은 24세, 평균 신장은 174 cm, 평균 체중은 70.5 kg이었다. 대상자의 우세 손(dominant hand)은 모두 오른손이었다.

2. 실험기기 및 도구

가. 표면 근전도 신호 및 분석 시스템

중간 승모근과 하부 승모근에 대한 표면 근전도 자료 수집을 위하여 MP100WSW¹⁾와 Bagnoli EMG System²⁾을 사용하였다.

표면 근전도의 전극은 DE 3.1 이중 차등(double differential) 전극과 접지 전극(ground electrode)을 사용하였으며, 이중 차등 전극의 배치는 폭 1 mm, 길이 10 mm의 순은 막대 3개가 10 mm 간격으로 나란히 배열되어 있다. 양쪽 끝의 두 개는 활성전극(active electrode), 가운데 하나는 기준전극(reference electrode)으로 하여 이중 차등 앰프에 연결되어 있다. 또한 중간 승모근과 하부 승모근 2개 채널의 표면 근전도 아날로그 신호와 MP100WSW를 통해 전환된 디지털 신호는 RMS(root mean square) 처리하여 Acqknowledge 3.72 software²⁾를 이용하여 아스키(ASCII) 형태로 전환하여 분석하였다. 표면 근전도신호의 표본추출률은 1,000 Hz로 설정하였고, 주파수 대역폭(bandwidth)은 Bagnoli EMG System의 측정 주파수 대역 필터인 20~450 Hz를 사용



그림 1. 각도판과 target bar.

하였고, 60 Hz 노치 필터(notch filter)를 사용하여 잡음(noise)을 차단하였다.

나. 각도판과 target bar

각각의 견관절 외전 각도에서 일정하게 팔을 들 수 있도록 5°와 10°씩 그려진 각도판을 사용하였고, 팔을 드는 높이를 통제하기 위해 target bar를 사용하였다. 또한 target bar의 높이는 대상자가 엎드린 자세에서 대상자의 척추의 높이와 일치시켰다(그림 1).

3. 실험방법

가. 근전도 전극 부착

모든 대상자에게 표면 전극을 부착하기 전에 피부자랑을 감소시키기 위해 털을 제거하고, 사포로 피부의 각질을 제거하고, 알코올 솜으로 문질러 피부를 청결히 한 후 전극을 부착하였다. 각 근육의 전극 부착위치는 우세 손 측에만 부착하였으며, 중간 승모근의 전극은 네 번째 흉추 높이에서 견갑 가시(spine) 내측으로 5 cm 위치로 근섬유 방향과 동일하게 수평으로 부착하였고, 하부 승모근의 전극은 견갑골의 하각(inferior angle)에서 10 cm 내측 부위에 55°의 비스듬한 각도로 부착하였다(Cram 등, 1998). 접지 전극(ground electrode)도 우세 손 손목에 부착하였다.

표 1. 연구대상자의 일반적인 특성

(N=30)

일반적인 특성	평균±표준편차	범위
나이(세)	24±1.9	21~27
신장(cm)	174±2.9	170~178
체중(kg)	70.5±5.7	64~81

1) MP100WSW, BIOPAC System Inc., Santa Barbara, CA, U.S.A.

2) Bagnoli EMG System, Delsys Inc., Boston, MA, U.S.A.

나. 실험 설계

대상자의 중간 승모근과 하부 승모근의 근 활성도는 치료용 테이블 위에 엎드린 자세에서 측정을 하였다. Kinney 등(2008)의 연구에서는 어깨 외전 각도에 따른 중간 승모근과 하부 승모근의 근활성도를 비교하기 위해 견관절 75°, 90°, 125°, 160°외전 자세에서 측정하였다. 본 연구도 Kinney 등(2008)의 연구와 동일하게 견관절 90°이하 각도인 75°, 대부분의 중간 승모근을 검사하는 자세로 사용되는 90°, 90° 이상 각도인 125°, 160°자세와 Faria 등 (2009)이 150°이상의 외전 각도에서 하부 승모근이 더 활성화 된다고 보고하여, 180°자세를 추가하여 총 5가지 각도에서 중간 승모근과 하부 승모근의 근활성도를 측정하였다. 대상자는 5가지 각도로 각각 외전한 자세에서 팔을 바닥에서 target bar의 높이까지 들고 5초간 유지하였다. 이때 모든 대상자가 한 각도에서 동일하게 팔을 들기 위하여 각도판을 사용하였는데, 각도판을 대상자에게 적용하기 위해서 팔을 다리에 붙이고 있을 때 손이 가리키는 지점을 각도판의 0°와 일치시키고, 팔을 완전히 외전 하였을 때 손이 각도판의 180°와 일치하도록 바닥 위에 부착하였다. 또한 척추 높이까지 팔을 드는 높이와 팔을 드는 궤적을 통

제하기 위하여 target bar를 사용하였다(그림 2).

실험 시작 전에 대상자에게 각각의 각도로 팔을 외전한 상태에서 팔을 드는 연습을 통해 팔을 들 때 목이 같이 따라 움직이거나, 견관절의 내회전이나 팔꿈치 관절의 굴곡이 일어나지 않도록 교육 하였고, 팔을 드는 속도를 일정하게 하기 위하여 메트로놈을 이용하여 연습하였다.

본 실험에서 대상자가 수행할 5가지 각도의 순서는 무작위 순서(random order)로 정하였고, 각 외전 각도마다 세 번씩 측정을 하였고, 측정 사이에는 30초의 휴식 시간을 주었고, 각도가 변할 때는 5분의 휴식시간을 주어 근피로를 최소화 하였다.

다. 근 전도 신호의 기록 및 최대 등척성 수축시 근 전도 신호량 측정

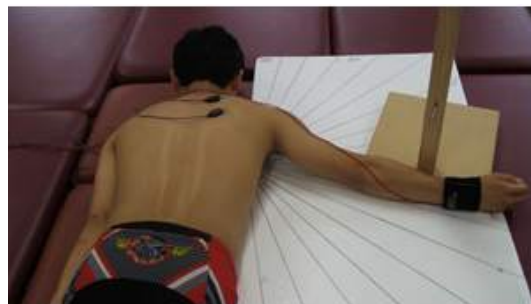
중간 승모근과 하부 승모근의 근전도 신호는 대상자가 각각의 각도에서 팔을 들고 5초간 유지할 때 실시간 기록된 근전도 신호에서 처음과 마지막의 각 1초를 제외한 3초의 신호를 수집하였다. 중간 승모근과 하부 승모근의 근전도 신호를 정규화(normalization) 하기 위해 맨속 근력 검사 자세에서 최대 등척성 수축(maximal voluntary isometric contraction; MVIC)시 근 활성도를



가. 160° 외전 자세에서 시작자세



나. 160° 외전 자세에서 끝 자세



다. 75° 외전 자세에서 시작자세



라. 75° 외전 자세에서 끝 자세

그림 2. 실험 자세.

측정하였다. 이때 대상자의 자세는 엎드린 자세에서 대상자는 중간 승모근은 어깨 외전 90° 자세에서 견갑골 내전을 하고, 하부 승모근은 어깨 외전 135° 자세에서 견갑골 내전과 함께 하강하도록 하고, 측정자는 체간의 회전을 막고 아래팔에 저항을 주어 각 근육의 최대 등척성 수축이 되도록 하였다(Kendall 등, 2005). MVIC 측정은 5초간 3회 측정하였으며, 5초 동안의 데이터는 RMS 처리한 후 처음과 마지막 1초를 제외한 3초 동안의 평균 근전도 신호량을 100%MVIC로 사용하였다.

4. 분석방법

견관절 외전 각도에 따른 중간 승모근과 하부 승모근의 근 활성화도를 비교하기 위해 반복 측정된 일요인 분산분석(repeated one-way ANOVA)을 실시하였고, 사후 분석 방법으로 Bonferroni 검정을 사용하였다. 통계학적인 유의수준을 검정하기 위하여 유의수준 α 는 .05로 하였고 자료의 통계처리는 상용 통계프로그램인 윈도 SPSS ver. 18.0 프로그램을 사용하였다.

III. 결과

1. 견관절 외전 각도에 따른 중간 승모근의 근 활성화도

견관절 외전 각도에 따른 중간 승모근의 근 활성화도는 표 2와 같다. 중간 승모근은 견관절을 90°외전 하였을 때 가장 높은 근 활성화도를 보였고, 180°외전에서 가장 낮은 근 활성화도를 보였다. 중간 승모근 근 활성화도의 반복 측정된 일요인 분산분석 결과 중간 승모근의 근 활성화도는 각도 간 유의한 차이를 보였고($p < .05$), 사후 검정 결과 75°와 180°외전 자세, 90°와 180°외전 자세, 125°와 180°외전 자세 간 유의한 차이를 보였다(표 3)(그림 3).

2. 견관절 외전 각도에 따른 하부 승모근의 근 활성화도

견관절 외전 각도에 따른 하부 승모근의 근 활성화도는 표 4와 같다. 하부 승모근은 견관절을 160°외전 하였을 때 가장 높은 근 활성화도를 보였고, 75°외전에서

표 2. 견관절 외전 각도에 따른 중간 승모근의 근 활성화도 (N=30)

외전 각도	75°	90°	125°	160°	180°
근 활성화도 (%MVIC)	44.26±13.95 ^a	50.64±18.33	48.24±17.21	41.33±16.65	30.27±14.31

^a평균±표준편차.

표 3. 견관절 외전 각도에 따른 중간 승모근 근 활성화도의 반복 측정된 일요인 분산분석

	평방합	자유도	평방평균	F	p
군간	7565.81	4	1891.45	7.22	<.01
군내	37970.07	145	261.86		
총변동	45535.89	149			

표 4. 견관절 외전 각도에 따른 하부 승모근의 근 활성화도 (N=30)

외전 각도	75°	90°	125°	160°	180°
근 활성화도 (%MVIC)	31.98±15.18 ^a	39.95±13.75	54.43±12.12	61.18±16.32	60.43±17.37

^a평균±표준편차.

표 5. 견관절 외전 각도에 따른 하부 승모근 근 활성화도의 반복 측정된 일요인 분산분석

	평방합	자유도	평방평균	F	p
군간	20352.44	4	5088.11	22.41	<.01
군내	32916.15	145	227.01		
총변동	53268.59	149			

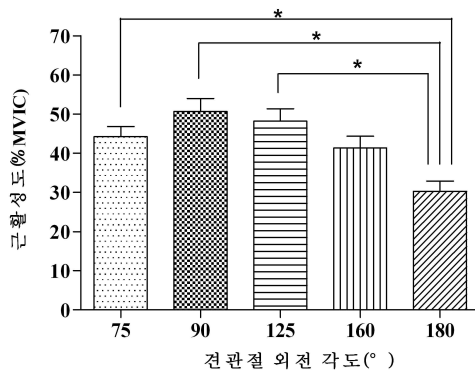


그림 3. 견관절 외전 각도에 따른 중간 승모근의 근활성도(*p<.05).

가장 낮은 근 활성도를 보였다. 하부 승모근의 반복 측정된 일요인 분산분석 결과 하부 승모근의 근 활성도는 각도 간 유의한 차이를 보였고(p<.05), 사후 검정 결과 75°와 90°, 125°와 160°, 125°와 180°, 160°와 180°사이의 외전 각도를 제외한, 나머지의 외전 각도에서 유의한 차이를 보였다(표 5)(그림 4).

IV. 고찰

본 연구는 5개의 견관절의 외전 각도에 따라 중간 승모근과 하부 승모근의 근 활성도를 비교해보고, 각 근육의 가장 높은 근 활성도를 보이는 외전 각도를 알아보았다.

본 연구 결과, 중간 승모근은 Ekstrom 등(2005)의 연구와 중간 승모근의 도수 근력 검사 자세에 대한 이전 연구들과 동일하게 견관절 90°외전 각도에서 가장 높은 근 활성도를 보였다. 또한 견관절 90°외전 각도에서 중간 승모근의 근 활성도는 다른 각도들인 75°, 125°, 160°에서의 근 활성도와는 유의한 차이가 없었고, 단지 180°외전 각도에서의 근 활성도만 유의한 차이를 보였다. 또한, 90°외전 각도에서 높은 근 활성도를 보였는데, 이 자세는 다른 각도에 비해 중간 승모근의 지레 팔(lever arm)의 길이가 최대인 자세이다. 지레 팔의 길이가 길어질수록 근육의 근 활성도는 증가하고, 짧아질수록 근육의 근 활성도도 함께 감소한다(Wise 등, 2004). 그러므로 견관절 90°의 외전 각도에서 팔을 들어 올릴 때 중간 승모근의 지레 팔의 길이가 가장 길고, 90°보다 외전 각도가 증가하거나 감소하면 지레팔의 길이는

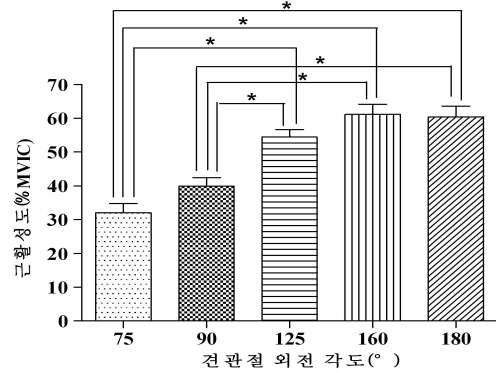


그림 4. 견관절 외전 각도에 따른 하부 승모근의 근 활성도(*p<.05).

감소하기 때문에 90°외전 각도에서 높은 근 활성도를 보인다고 생각한다. 또한 팔의 외전 각도에 따라 견갑골의 위치도 다르기 때문에 팔을 들기 위해 동원되는 근육이 달라진다. 옆드린 자세에서 견관절이 90°외전 각도에서 팔을 들기 위해서는 견갑골의 내전을 위해 중간 승모근이 작용하지만, 90°이하의 외전 각도에서는 견갑골 내전 및 하방 회전에 공헌하는 능형근이 함께 동원되고, 90°이상의 외전 각도에서는 견갑골을 내전 및 상방회전 시키는 상부 승모근이 함께 동원될 것이다(Sahrmann, 2002). 그러므로, 견관절 180°외전 각도에서 중간 승모근은 가장 낮은 근 활성도를 보여 나머지 각도와 유의한 차이를 보였고, 견관절 90°외전 각도에서 높은 근 활성도를 보였다고 생각한다.

하부 승모근의 근력 검사의 견관절 외전 각도는 연구들마다 약간씩 차이가 있었다. 견관절 외전 각도 90°에서 가장 높은 근 활성도를 보였다는 연구들도 있었고, 90°이상의 외전 각도인 125°, 145°외전 각도에서 가장 높은 근 활성도를 보인다는 연구들도 있었다(Ballantyne 등, 1993; Ekstrom 등, 2003; Kinney 등, 2008; Tucker 등, 2010). 특히 Kinney 등(2008)과 Ballantyne 등(1993)은 견관절 외전 각도 90°에서 구심성 수축을 하는 동안 근전도 자료를 수집했을 때 하부 승모근이 더 높은 근 활성도를 보인다고 하였다. 그러므로 Kinney 등(2008)은 중간 승모근 뿐만 아니라 하부 승모근 모두 90°외전 각도에서 검사하는 것이 시각적으로 각도를 인식하기도 쉽고, 두 근 섬유가 모두 높은 근 활성도를 보이므로 90°외전 각도에서 중간 승모근과 하부 승모근의 운동이나 검사를 시행하는 것을 제시하였다. Ballantyne 등(1993)도 90°외전 각도에서 견

관절을 외회전 한 자세는 견갑골의 하강을 유지해야 하므로, 하부 승모근의 근력검사에 적절한 자세라고 제시하였다. 하지만, Ekstrom 등(2003)과 Tucker 등(2010)은 125°와 145°와 같이 90°이상 외전 되어야 하부 승모근의 근 활성도가 증가한다고 보고하였다. 본 연구 결과에서는 160°외전 각도에서 하부 승모근의 높은 근 활성도를 보이고, 75°와 90°의 외전 각도에서 하부 승모근의 근 활성도는 125°, 160°, 180°외전 각도의 근 활성도보다 유의하게 낮았고, 125°, 160°, 180°외전 각도 사이의 근 활성도는 유의한 차이가 없었다. 비록, 하부 승모근의 수축 형태가 Kinney 등(2008)의 연구와 Ballantyne 등(1993)의 연구에서는 구심성 수축시 하부 승모근의 근 활성도를 측정하여, 본 연구와 직접적인 비교는 할 수 없지만, 그들은 하부 승모근의 근 활성도가 90°외전 각도에서 가장 높다고 보고 한 것에 반해 등척성 수축시 근 활성도를 측정한 본 연구에서는 견관절 90°외전 각도에서 하부 승모근의 근 활성도가 125°, 160°, 180°외전 각도에 비해 유의하게 낮은 것을 알 수 있었다. Ekstrom 등(2003)도 각 각도에 따라 등척성 수축을 했을 때 근 활성도를 비교하였는데 125°외전 각도가 가장 높은 근 활성도를 보인다고 보고하였다. 이렇게 외전 각도가 증가함에 따라 하부 승모근의 근 활성도가 증가하는 이유로는 첫 번째로 중간 승모근과 동일하게 지레 팔의 길이를 들 수 있다(Wise 등, 2004). 승모근의 근 섬유별 지레 팔을 알아본 연구에서 다른 승모근 들은 견관절이 90°이상 외전되면 지레 팔이 현저하게 줄어드는 반면 하부 승모근은 외전 각도가 90°이상 증가하면서 지레 팔도 함께 증가하였다(Johnson과 Pandyan 2005). 두 번째로 하부 승모근은 견갑골의 상방회전의 짝힘(force couple)으로 작용 한다(Neuman, 2002; Tucker 등, 2010). 그러므로, 견갑골의 상방회전이 증가함에 따라 하부 승모근의 근 활성도도 같이 증가한 것이라고 생각한다. 마지막으로 견관절이 100°이상 외전되면 견갑골의 후방 경사가 나타난다(Borstad와 Ludewig, 2002). 엎드린 자세에서 견관절의 90°이하의 외전 각도에서 팔을 바닥에서 드는 동작은 견관절의 신전과 함께 견갑골의 앞쪽 경사(anterior tilt)가 나타나게 되고, 90°이상의 외전 각도에서 팔을 들기 위해서는 견관절의 굴곡과 함께 견갑골의 후방 경사(posterior tilt)가 나타난다. 그러므로 90°이상의 외전 각도에서 팔을 들 때 하부 승모근의 근 활성도가 증가할 것이다(Forte 등 2009; Ludewig 등, 1996; Rundquist 등, 2009).

또한 하부 승모근의 근 활성도는 외전 각도가 증가함에 따라 계속 증가하지 않고 180°외전 각도에서 160°보다 근 활성도가 약간 감소하였다. McMahan 등(1996)도 엎드린 자세에서 하부 승모근의 근 활성도는 180°외전 자세보다 145°외전 자세에서 더 크게 나타난다고 하였다. 이는 하부 승모근의 근 섬유 방향이 145°방향이기 때문에, 근 섬유의 방향과 일치하는 외전 각도에서 근 활성도가 많이 나온다고 하였다(McMahan 등, 1996). 본 연구에서 견관절 125°, 160°, 180°외전 각도에서 75°, 90°보다 높은 근 활성도를 보인 것은, 75°, 90°보다 근 섬유의 방향이 유사하므로 높은 근 활성도를 보였다고 생각한다.

하부 승모근의 근력측정을 위한 도수근력 검사자세에서 견관절의 외전 각도는 Hislop과 Montgomery(2002)는 145°를 Kendall 등(2005)은 명확한 각도 대신 대각선 방향(diagonal)을 제시하였고, Palmer와 Epler(1989)는 130°를 제시하여 연구자들마다 약간의 차이가 있지만 대부분 125°이상의 각도를 제시하였다. 이러한 각도의 차이는 근전도 연구들에서도 동일하게 나타났는데, Faria 등(2008)은 150°에서 180°사이의 외전 각도가 다른 각도들보다 유의하게 높은 근 활성도를 보인다고 하였고, Ekstrom 등(2005)은 145°에서 하부 승모근의 몇도에서 가장 근 활성도가 높게 나온다고 하였다. 이러한 차이는 견갑골의 위치와 기능에 따라 나타날 수 있다. 상완관절을 외전함에 따라 견갑상완 리듬(scapulohumeral rhythm)에 따라 견갑골도 같이 상방회전된다(Matsuki 등, 2010). 하지만 팔을 외전하기 전 이완시의 견갑골의 위치나 상방회전의 시기와 정도가 대상자마다 다르고, 대상자 내에서도 견갑골의 상방회전 정도는 우세측과 비우세측이 다르다(Matsuki 등, 2010; Sahrman, 2002). 그러므로, 대상자마다 하부 승모근의 근 활성도는 125°이상에서 약간의 차이를 보여 하부 승모근의 근력 측정에 가장 적합한 각도를 제시하기보다는 125°에서 160°사이의 범위가 하부 승모근의 근 활성도를 측정할 수 있는 각도라고 제시할 수 있을 것이다.

승모근의 세 개의 근 섬유들의 손상으로 인한 근육 약화 및 근육 길이 및 근력의 불균형에 따라 견관절은 통증이나 견갑골의 비정상적 정렬, 견관절의 운동 손상 등이 일어날 수 있다(Bentman 등, 2010; Sahrman, 2002). 만약 상부 승모근의 길이가 길어지거나 근력이 약해지면 견갑골은 하방 회전된 정렬을 나타내고, 중간 승모근의 약화가 동반되면 하강된 견갑골의 정렬을 나타낸다. 이와

반대로, 상부 승모근의 길이가 짧아지면 상승(elevation)된 견갑골의 정렬을 나타낸다. 또한 하부 승모근은 길이가 길어지거나 근력이 약해지면 견갑골의 상방 회전을 보조하기 위한 적절한 장력을 낼 수 없어, 견갑골의 하방 회전 증후군의 원인이 될 수 있다(Sahrmann, 2002). 그러므로, 각 근 섬유별로 승모근의 적절한 근력의 평가 및 강화 운동이 필요하고, 이에 따라 중간 승모근의 강화 운동이나 근력 평가를 위해서는 견관절 90°외전 자세에서 실시하고, 하부 승모근의 강화 운동이나 근력 검사를 위해서는 견관절 125°이상 외전 자세에서 실시할 것을 제시할 수 있다(Hislop과 Montgomery, 2002; Kendall 등, 2005; Palmer와 Epler, 1989). 그러므로 이러한 근 섬유별로 선택적인 평가 자세는 비정상적 정렬이나 운동 손상이 있는 견관절을 가진 환자들의 재활 및 악화된 근 섬유에 따라 견관절 근육을 강화시키는 방법에 대해 도움을 줄 수 있을 것이다.

이 연구의 제한점으로는 첫 번째는 정상 성인 남자에 대해서만 알 수 있었기 때문에 일반화 할 수 없다. 두 번째는 각도의 종류가 좀 더 세분화되지 못했다. 즉 5가지 각도의 사이가 너무 커서 하부 승모근의 섬유 방향인 145°와 같은 사이 각도에 대한 근육들의 근 활성화도에 대해서 정확히 알 수 없었다. 세 번째는 또한 각각의 각도에 따라 대상자의 견갑골의 위치를 통제하지 않았다. 견관절의 외전 각도는 통제하였어도, 그에 따른 견갑골의 위치를 통제하지 못하였다. 그러므로 앞으로는 좀 더 세분화된 각도별 비교와 견갑골의 위치를 통제하고 승모근의 근 섬유별 근 활성도를 알아보는 연구가 필요할 것이다.

V. 결론

본 연구는 20대의 정상 성인 남자 30명을 대상으로 5개의 견관절의 외전 각도에 따라 승모근의 근 섬유들 중에서 중간 승모근과 하부 승모근의 근 활성도를 비교해보고, 각 근육의 가장 높은 근 활성도를 보이는 외전 각도를 알아보았다. 그 결과 중간 승모근과 하부 승모근은 각각 다른 각도에서 높은 근활성도를 보였고, 견관절 90°외전 각도는 중간 승모근은 유의하게 높은 근활성도를 보인 반면, 하부 승모근은 유의하게 낮은 근활성도를 보였고, 하부 승모근은 견관절 125°이상 외전 각도에서 높은 근활성도를 보였다. 이는 각각의 근섬유

의 방향과 동일한 지레 팔의 방향에서 가장 높은 근 활성도를 보였다고 설명할 수 있고, 이를 통해 승모근의 섬유별 손상으로 인한 견관절의 운동 손상을 평가하기 위하여 근 섬유별로 선택적인 평가 자세가 필요하고, 이를 통해 선택적인 근육 강화를 할 수 있다고 제시할 수 있었다. 추후 연구에서는 좀 더 세분화된 각도별 비교와 견갑골의 위치를 통제하고 승모근의 근 섬유별 근 활성도를 알아보는 연구가 필요할 것이다.

인용문헌

- Arlotta M, Lovasco G, McLean L. Selective recruitment of the lower fibers of the trapezius muscle. *J Electromyogr Kinesiol.* 2010;6.
- Ballantyne BT, O'Hare SJ, Paschall JL, et al. Electromyographic activity of selected shoulder muscles in commonly used therapeutic exercises. *Phys Ther.* 1993;73(10):668-677.
- Bentman S, O'Sullivan C, Stokes M. Thickness of the middle trapezius muscle measured by rehabilitative ultrasound imaging: Description of the technique and reliability study. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2010;30(6):426-431.
- Borstad JD, Ludewig PM. Comparison of scapular kinematics between elevation and lowering of the arm in the scapular plane. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2002;17(9-10):650-659.
- Chester R, Smith TO, Hooper L, et al. The impact of subacromial impingement syndrome on muscle activity patterns of the shoulder complex: A systematic review of electromyographic studies. *BMC Musculoskelet Disord.* 2010;9(11):45.
- Cools AM, Declercq GA, Cambier DC, et al. Trapezius activity and intramuscular balance during isokinetic exercise in overhead athletes with impingement symptoms. *Scand J Med Sci Sports.* 2007;17(1):25-33.
- Cools AM, Witvrouw EE, Declercq GA, et al. Evaluation of isokinetic force production and associated muscle activity in the scapular rotators during a protraction-retraction movement in

- overhead athletes with impingement symptoms. *Br J Sports Med.* 2004;38(1):64-68.
- Cools AM, Witvrouw EE, Declercq GA, et al. 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.
- De Mey K, Cagnie B, Danneels LA, et al. Trapezius muscle timing during selected shoulder rehabilitation exercises. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2009;39(10):743-752.
- Ebaugh DD, Spinelli BA. Scapulothoracic motion and muscle activity during the raising and lowering phases of an overhead reaching task. *J Electromyogr Kinesiol.* 2010;20(2):199-205.
- 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.
- Ekstrom RA, Soderberg GL, Donatelli RA. Normalization procedures using maximum voluntary isometric contractions for the serratus anterior and trapezius muscles during surface EMG analysis. *J Electromyogr Kinesiol.* 2005; 15(4):418-428.
- Faria CD, Teixeira-Salmela LF, Gomes PF. Applicability of the coactivation method in assessing synergies of the scapular stabilizing muscles. *J Shoulder Elbow Surg.* 2009; 18(5):764-772.
- Forte FC, de Castro MP, de Toledo JM, et al. Scapular kinematics and scapulohumeral rhythm during resisted shoulder abduction-implications for clinical practice. *Phys Ther Sport.* 2009 Aug;10(3):105-111.
- Hislop HJ, Montgomery J. *Daniels and Worthingham's Muscle testing: Techniques of manual examination.* Philadelphia, PA, Saunders, 2002.
- Johnson GR, Pandyan AD. The activity in the three regions of the trapezius under controlled loading conditions-An experimental and modelling study. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2005;20(2):155-161.
- Kendall F, McCreary E, Provance P, et al. *Muscles testing and function with posture and pain.* 5th ed. Baltimore, Lippincott Williams & Wilkins, 2005.
- Kinney E, Wusthoff J, Zyck A, et al. Activation of the trapezius muscle during varied forms of Kendall exercises. *Phys Ther Sport.* 2008; 9(1):3-8.
- Ludewig PM, Cook TM, Nawoczenski DA. Three-dimensional scapular orientation and muscle activity at selected positions of humeral elevation. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1996;24(2):57-65.
- Matsuki K, Matsuki KO, Mu S, et al. In vivo 3-dimensional analysis of scapular kinematics: Comparison of dominant and nondominant shoulders. *J Shoulder Elbow Surg.* 2010.
- McMahon PJ, Jobe FW, Pink MM, et al. Comparative electromyographic analysis of shoulder muscles during planar motions: Anterior glenohumeral instability versus normal. *J Shoulder Elbow Surg.* 1996;5(2 Pt 1):118-123.
- Moseley JB Jr, Jobe FW, Pink M, et al. EMG analysis of the scapular muscles during a shoulder rehabilitation program. *Am J Sports Med.* 1992;20(2):128-134.
- Neumann DA. *Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundations for physical rehabilitation.* 1st ed. St. Louis, Mosby, 2002.
- Palmer ML, Epler ME. *Clinical Assessment Procedures in Physical Therapy.* Philadelphia, Lippincott, 1990.
- Rundquist PJ, Obrecht C, Woodruff L. Three-dimensional shoulder kinematics to complete activities of daily living. *Am J Phys Med Rehabil.* 2009;88(8):623-629.
- Sahrmann SA. *Diagnosis and Treatment of Movement Impairment Syndromes.* St. Louis, Mosby Inc., 2002.
- Tucker WS, Armstrong CW, Gribble PA, et al. Scapular muscle activity in overhead athletes with symptoms of secondary shoulder impinge-

ment during closed chain exercises. Arch Phys
Med Rehabil. 2010;91(4):550-556.

Wise MB, Uhl TL, Mattacola CG, et al. The effect
of limb support on muscle activation during
shoulder exercises. J Shoulder Elbow Surg.

2004;13(6):614-620.

논문접수일	2011년 1월 9일
-------	-------------

논문게재승인일	2011년 2월 5일
---------	-------------