

날개 어깨뼈 대상자들에게 어깨 내밀 운동시 벌림 각도와 외부 무게에 따른 앞톱니근, 큰가슴근, 위 등세모근의 활성화도 및 비율에 미치는 영향

야담바담허럴¹, 김태호², 박한규³

¹대구대학교 대학원 물리치료학과, ²대구대학교 재활과학대학 물리치료학과, ³동주대학교 물리치료과

Effect on the Activity and Ratio of the Serratus Anterior, Pectoralis Major, and Upper Trapezius according to the Angle of Abduction and External Weight During Shoulder Protraction Exercise for Winged Scapular Subjects

Yadam BadamKhorl¹, MSc, Tae-ho Kim², PhD, PT, Han-kyu Park³, PhD, PT

¹Dept. of Physical Therapy, The Graduate School, Daegu University

²Dept. of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Daegu University

³Dept. of Physical Therapy, Dong-ju College

Abstract

Background: Winged scapular (WS) causes muscle imbalance with abnormal patterns when moving the arm. In particular, the over-activation of the upper trapezius (UT) and decrease in activity of the lower trapezius (LT) and serratus anterior (SA) produce abnormal scapulohumeral rhythm. Therefore, the SA requires special attention in all shoulder rehabilitation programs. In fact, many previous studies have been devoted to the SA muscle strength training needed for WS correction.

Objects: The purpose of this study was to investigate the effect of shoulder girdle muscle and ratio according to the angle of shoulder abduction and external weight in supine position.

Methods: Twenty three WS patients participated in this experiment. They performed scapular protraction exercise in supine position with the weights of 0 kg, 1 kg, 1.5 kg, and 2 kg at shoulder abduction angles of 0°, 30°, 60°, and 90°. The angle and weight applications were randomized. Surface electromyography (EMG) was used to collect the EMG data of the SA, pectoralis major (PM), and UT during the exercise. The ratio of PM/SA and UT/SA was confirmed. Two-way repeated analyses of variance were used to determine the statistical significance of SA, PM, and UT and the ratios of PM/SA and UT/SA.

Results: There was a significant difference in SA according to angle ($p < .05$). Significant differences were also identified depending on the angle and weight ($p < .05$). The angle of abduction at 0°, 30° and weight of 2 kg showed the highest SA activity. However, there was no significant difference between PM and UT ($p > .05$). There was a significant difference between PM/SA and UT/SA in ratio of muscle activity according to angle ($p < .05$). Significant differences were found at PM/SA angles of 30°, 60° and 90° ($p < .05$). For UT/SA, significant difference was only observed at 90° ($p < .05$).

Conclusion: Based on the results of this study, in order to strengthen the SA, it was found to be most effective to use 1 and 1.5 kg weights with abduction angles of 0° and 30° at shoulder protraction in supine position.

Key Words: Pectoralis major; Serratus anterior; Shoulder protraction; Upper trapezius; Winged scapular.

Corresponding author: Han-kyu Park hanqy@naver.com

I. 서론

어깨뼈의 기능이상(scapular dyskinesis) 어깨 끼임(shoulder impingement) 환자의 57%와 어깨 불안정성(shoulder instability) 환자의 32%에서 발견되며(Warner 등, 1992; Keshavarz 등, 2017), 정적인 자세나 동적인 움직임 동안에 가슴우리(thoracic cage)에서부터 어깨뼈의 안쪽 면(medial border) 또는 아래쪽 각(inferior angle)의 돌출에 의한 비정상적인 변형을 말한다(Kibler 등, 2013; Kibler과 Sciascia, 2010). 가장 대표적인 예가 날개 어깨뼈(winged scapular)로 어깨뼈의 복합적인 움직임 기전의 감소와 함께 어깨 주변 근육들의 약화를 초래하여 팔을 들어 올릴 수 없거나 물건을 들지 못하게 된다고 하였다(Didesch과 Tang, 2019). 또한 Sahrman(2002)은 어깨 손상과 관련한 비정상적인 어깨뼈의 동작은 어깨-가슴(scapulothoracic)근육들의 전반적인 약화와 근육의 불균형으로 발생한다고 설명하였다. 특히 앞톱니근(serratus anterior), 마름근들(rhomboids), 그리고 등세모근(trapezius)의 약화가 날개 어깨뼈나 어깨 기능장애를 유발하는데 중요한 원인이라고 하였다(Fitchet, 1930). 날개 어깨뼈의 유형으로는 긴 가슴 신경(long thoracic nerve)이 지배하는 앞톱니근의 기능장애로 인한 안쪽 날개(medial winged)와 척추 더부 신경(accessory nerve)이 지배하는 등세모근의 기능장애로 인한 가쪽 날개(lateral winged)가 있으며 그 중에서도 앞톱니근의 마비로 인한 발생 정도가 .0026 ~ .21%라고 하였다(Mase 등, 2000).

날개 어깨뼈의 부정확한 위치로 팔을 움직일 때 어깨뼈의 기능이상과 어깨뼈 주위 근육들의 불균형으로 인하여 어깨 끼임 현상이 나타나고 그 중에서도 앞톱니근은 팔을 움직이는 동안 어깨뼈의 안정화 역할로서 매우 중요한 작용을 한다(Lukasiewicz 등, 1999; McClure 등, 2001). Madeleine 등(2008) 역시 앞톱니근의 약화 및 피로, 비정상적인 근 활성화 패턴 등의 다양한 병리적 현상이 발생한다면 정상적인 어깨위팔리듬(scapulohumeral rhythm)이 무너진다고 언급하였으며 결과적으로 어깨뼈 주변 근육들의 불균형까지도 발생한다고 하였다(Hallstrom과 Karrholm, 2006). 따라서 앞톱니근은 어깨뼈의 안쪽 면과 아래쪽 각의 안정성을 유지하며 어깨뼈의 날개변형 및 앞쪽 기울임을 막아주기 때문에(Escamilla 등, 2009) 어깨 재활 운동 프로그램에 있어서 꼭 필요한 부분이다(Ludewig 등, 2004; Park 등, 2013).

여기서 중요한 점은 앞톱니근의 독립적인 활성화를 위하여 위 등세모근(upper trapezius)과 큰가슴근(pectoralis major)의 보상적인 활성을 통제하는 운동프로그램이 적용되어야 한다는 것이다(Farina 등, 2008). 실제로 기존 선행연구들은 선택적인 앞톱니근의 활성화를 위한 운동프로그램으로 표준화된 푸쉬 업 플러스(standard push up plus)(Decker 등, 1999; Moseley 등, 1992)와 팔꿈치 무릎 그리고 벽을 이용한 수정된 푸쉬 업과 월 슬라이딩(wall sliding)등의 운동을 실시하였다(Hardwick 등, 2006; Ludewig 등, 2004). 또 다른 관점에서는 정상 성인을 대상으로 바로 누운 자세에서의 어깨 내밀 운동과 네발기기 자세에서의 푸쉬 업 운동을 비교한 결과에서는 바로 누운 자세에서 오히려 선택적인 앞톱니근의 활성화를 확인하였으며 위 등세모근과 큰가슴근과의 비율 비교에서도 유의한 차이를 확인하였다(Kim 과 Park, 2018). 그리고 또 다른 연구들은 어깨뼈 내밀(protraction) 운동시에 팔 벌림 각도에 따른 우세측 어깨 주변 근육들의 활성도를 비교 확인하였으며(Jo, 2014) 테이핑과 외부 저항으로 1 kg 덤벨을 이용하여 어깨 주변 근육의 활성도를 확인하였다(Ki 등, 2010). 나아가 날개 어깨뼈 교정을 위한 같은 길이 어깨 수평 벌림 운동(isometric horizontal abduction of the shoulder)은 큰가슴근의 활성을 줄이고 선택적이고 집중적인 앞톱니근의 활성화와 함께 큰가슴근과의 비율 비교에서도 특히 수평 벌림을 시행한 그룹에서 모두 낮은 비율을 확인한바 있다(Park 등, 2013).

하지만 날개 어깨뼈 대상자들을 대상으로 바로 누운 자세에서 어깨 벌림 각도와 외부 저항을 이용하여 선택적인 앞톱니근의 활성도와 함께 어깨 주변 근육들간의 비율을 비교한 연구는 아직 부족한 상황이다. 따라서 본 연구의 목적은 날개 어깨뼈 대상자들에게 바로 누운 자세에서 어깨 90° 굽힘과 양팔의 벌림 각도 0°, 30°, 60°, 90°에서 덤벨 0 kg, 1 kg, 1.5 kg, 2 kg를 들고 어깨 내밀 운동시 앞톱니근의 활성도를 효과적으로 증가시킬 수 있는 각도와 무게를 확인하고 위 등세모근과 큰가슴근과의 비율을 통하여 날개 어깨뼈 운동에 있어 선택적인 앞톱니근의 활성화에 또 다른 근거를 제시하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 D대학교에 재학 중인 학생들을 대상으로

Table 1. General characteristics of subject (N=23)

Variable	
Age (year)	23.2±2.0 ^a
Height (cm)	168.3±10.3
Weight (kg)	62.8±13.2
Gender (male/female)	11/12
Winging distance (mm)	12.1±2.6

^amean±standard deviations.

본 연구의 목적과 방법에 대해 자세한 설명을 듣고 이해하며 자발적인 동의를 한 참가자들 중 날개 어깨뼈를 가진 23명(남자 11명, 여자 12명)을 대상으로 실시하였다(Table 1). 대상자 선정 조건은 가만히 선 자세에서 양쪽 어깨뼈 안쪽 면이 1 cm 그리고 네발기기 자세에서 어깨뼈 안쪽 면이 3 cm 이상 들리고 최근 6개월 이내에 앞뿔니근을 포함한 어깨 주변 근육운동을 시행하지 않았으며 어깨뼈 움직임에 이상이 없는 자를 선정하였다(Lim, 2010). 본 연구는 대구대학교 생명윤리위원회 승인을 받아 진행하였다(승인번호: 1040621-201707-HR-014-02).

2. 측정도구 및 방법

가. 관절 각도계

본 연구의 운동방법인 바로 누운 자세에서 시행하는 어깨의 굽힘과 벌림 각도를 측정하기 위하여 관절 각도계를 사용하였다.

나. 전자 디지털 캘리퍼

본 연구 대상자들의 날개 어깨뼈를 측정하기 위하여 대상자들을 바로 선 자세와 푸쉬 업 자세를 취하게 하고 검사자는 등뼈 가시돌기로부터 어깨뼈 안쪽 면이 들리는 거리를 측정하기 위하여 어깨뼈 중간에 전자 디지털 캘리퍼(Digital caliper, MITUTOYO, Japan)를 위치시키고 디지털 캘리퍼의 게이지를 등뼈의 가시 돌기 위로 닿게 함으로서 스크린에 나타나는 수치를 확인 하여 날개 어깨뼈의 정도를 측정하였다(Lim, 2010). 전자 디지털 캘리퍼는 MITUTOYO사의 전자 캘리퍼에 30 cm 자를 부착하여 사용하였다.

다. 표면 근전도

어깨뼈 내뿔 운동시 나타나는 근전도의 자료 수집과

신호 처리를 위하여 8채널 무선 표면 근전도(TeleMyo DTS, Noraxon, USA)를 사용하였다. 전극 부착하기 전에 각 근육의 힘살을 확인하고 표시를 한 뒤 보다 객관적인 근전도 값을 산출하기 위하여 전극 부착 부위에 면도와 가는 사포를 이용하여 피부 각질층을 제거 하고 소독용 알코올 솜으로 지방을 제거하여 피부 저항을 감소시켰다. 모든 근 활성도의 측정값은 우세 측인 오른쪽의 어깨 주변 근육들 값을 채택하였다. 앞뿔니근, 큰가슴근, 그리고 위 등세모근의 전극 부착부위는 기존 선행연구의 내용을 바탕으로 앞뿔니근은 어깨 90° 굽힘 하여 4~6번째 갈비뼈와 어깨뼈 아래쪽 각 높이가 만나는 넓은등근(latissimus dorsi) 앞 겨드랑이 부분에 부착하였고 큰가슴근은 빗장뼈 4~5 cm 아래에서 겨드랑이 주름을 기준으로 안쪽 2 cm 지점에 수축하는 뚜렷한 힘살을 확인한 후 부착하였으며 위 등세모근은 7번 목뼈 가시돌기(spinous process)와 어깨 뼈봉우리(acromion)를 잇는 가상의 선의 중간지점에 부착하였다(Cools 등, 2007; Ekstrom 등, 2003). 수집된 근전도 신호를 디지털 신호로 전환하여 Myoresearch XP 1.08 소프트웨어로 필터링 하였다. 표본추출률(sampling data)은 1,000 Hz, 대역 필터(band-pass filter)는 45~450 Hz, 그리고 노이즈 제거를 위하여 노치 필터(notch filter) 60 Hz를 이용하였다. 근육별 최대 같은 길이 수축(maximal voluntary isometric contraction; MVIC)자세는 Kendall의 방법을 사용하였다(Kendall 등, 2005). 앞뿔니근은 바로 누운 자세에서 어깨 90° 굽힘 하여 앞으로 내뿔 할 때 그에 대항하는 저항을 제공하였다. 큰가슴근은 바로 누운 자세에서 어깨 90°와 수평 모음할 때 그에 대항하는 저항을 제공하였다. 위 등세모근은 걸터앉은 자세에서 어깨를 올리는 동작을 할 때 근 수축에 방해되지 않는 범위 내에서 어깨뼈봉우리 근처에 저항을 제공하였다. 근육의 최대 같은 길이 수축은 처음과 마지막 1초를 제외한 중간 3초의 값을 적용하여 3회 측정한 평균값을 채택하였고 1회 측정 후 근 피로도를 줄이기 위하여 휴식시간을 5분정도 제공하였다. 본 연구의 결과값들은 최대 같은 길이 수축에 대한 백분율(%MVIC)로 정규화(normalization)하였다. 또한 표면 근전도로 실험 결과값을 측정한 앞뿔니근과 큰가슴근 및 위 등세모근간의 선택적인 근 활성도의 효율을 비교하기 위하여 본 연구에서는 큰가슴근과 앞뿔니근 그리고 위 등세모근과 앞뿔니근간의 비율을 비교하였다.

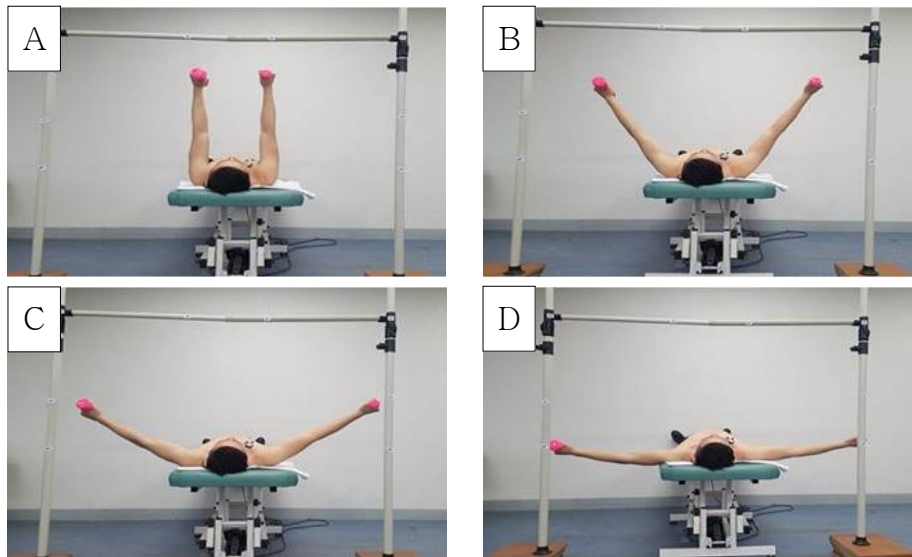


Figure 1. Protraction exercise according to four abduction angle and weight (2 kg) (A: Shoulder abduction 0°, B: Shoulder abduction 30°, C: Shoulder abduction 60°, D: Shoulder abduction 90°).

3. 운동방법

본격적인 운동을 시행하기에 앞서 연습과정을 통하여 대상자들이 운동을 잘 수행할 수 있도록 하였다. 먼저 침대에 바로 누운 자세를 하고 가상의 중력 중심선을 설정하여 그 위로 팔꿈치를 쭉 편 상태에서 양팔을 올려 어깨 관절 굽힘을 90°를 유지한 후 어깨 내밀기 운동을 실시하였다. 이때 팔 굽힘 각도(90°)와 벌림 각도(0°, 30°, 60°, 90°)는 각도계를 사용하여 설정하였다. 어깨 벌림 각도를 잘 유지 될 수 있도록 표적 막대(target bar)를 활용하였다. 각도와 무게(덤벨 0 kg, 1 kg, 1.5 kg, 2 kg)를 달리하여 즉, 바로 누운 자세에서 어깨 굽힘을 90°를 유지하고 어깨 벌림 각도 0°, 30°, 60°, 90°에 따라 외부 저항 없이 어깨뼈 내밀기 운동, 어깨 벌림 각도에 따라 1 kg 덤벨을 들고 어깨뼈 내밀기 운동, 어깨 벌림 각도에 따라 1.5 kg 덤벨을 들고 어깨뼈 내밀기 운동, 그리고 어깨 벌림 각도에 따라 2 kg 덤벨을 들고 어깨뼈 내밀기 운동을 실시하였다. 이때 근 수축에 영향을 줄 정도의 피드백은 제한하고 주로 측정 전에 충분한 설명을 통하여 대상자들의 어깨 각도 및 적정한 내밀기를 측정시에 유지 할 수 있도록 연구자가 계속 자세에 대한 피드백을 제공하였다.

표면 근전도 값은 대상자들의 연습과정 후 본격적인 운동에서 학습효과를 배제하기 위하여 각도와 무게별 카드를 준비하여 대상자가 직접 선택해서 나온 어깨 벌림 각도와 덤벨 무게를 각기 달리하여 무작위로 측정하

였다. 5초간 유지하고 5초간 휴식하는 방법으로 3번 반복 측정하였다. 이때 레코딩 시간을 7초정도 여유 있게 하여 앞과 뒤의 1초를 제외한 중간 5초의 근전도 값을 3회 측정한 평균값을 결과값으로 채택하였으며 각 무게 별로 3회 측정 후 학습효과와 근 피로도를 고려하여 휴식시간을 20분 정도 제공하였다(Figure 1).

4. 분석방법

SPSS ver. 22(IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 이용하여 통계처리를 하였다. 바로 누운 자세에서 어깨 벌림 각도 0°, 30°, 60°, 90°와 덤벨 0 kg, 1 kg, 1.5 kg, 2 kg 무게에 따른 어깨뼈 내밀기 운동시 각 근육들의 활성도를 비교하기 위하여 이요인 반복측정 분산분석(two way repeated measures analysis of variance; ANOVA)을 이용하였다. 주효과가 나타나면 그에 따른 근육들의 활성도 변화를 알아보기 위하여 일요인 반복측정 분산분석(one way repeated measures ANOVA)을 사용하였다. 통계학적인 유의수준은 .05로 설정하였다.

III. 결과

각각의 무게와 어깨 벌림 각도에 따른 근육의 활성도 비교는 Table 2와 같다. 앞뿔근에서 각각의 어깨 벌림 각도에 따른 무게가 증가할수록 앞뿔근의 활성

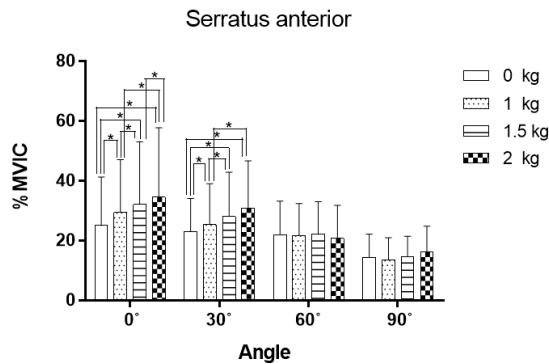


Figure 2. Comparison of serratus anterior activity by weight and angle of abduction (* $p < .05$).

도는 증가하였고 특히 0°와 30°에서 높은 활성도를 보였으며 그중에서도 2 kg에서 가장 높은 활성도를 확인하였다($p < .05$). 각각의 무게에 따른 어깨 벌림 각도가 적을수록 근 활성도의 값은 증가하였으나 유의한 차이는 없었다($p > .05$). 큰가슴근과 위 등세모근에서는 각도와 무게에 따른 유의한 차이가 없었다($p > .05$).

어깨 벌림 각도에 따른 사후분석 결과 벌림 각도 0°와 30°에서 무게에 따라 유의한 차이를 확인할 수 있었다($p < .05$). 어깨 벌림 각도 0°, 무게 2 kg를 들고 어깨 내밀 운동시에 앞톱니근의 가장 높은 근 활성도를 확인하였다($p < .05$). 그리고 30°에서도 무게 2 kg를 들고 어깨 내밀 운동시에 가장 높은 활성도를 확인할 수 있었다($p < .05$)(Figure 2).

큰가슴근 그리고 위 등세모근과의 앞톱니근 활성도간의 비율 비교는 Table 3과 같다. 큰가슴근/앞톱니근의

활성도 비율에서는 어깨 벌림 각도가 적을수록 특히 0°에서 낮은 비율을 확인할 수 있었으며 그중에서도 1 kg에서 가장 낮은 비율을 확인하였다($p < .05$). 위 등세모근/앞톱니근의 활성도 비율에서도 어깨 벌림 각도가 적을수록 특히 0°에서 낮은 비율을 확인할 수 있었으며 그중에서도 1.5 kg에서 가장 낮은 비율을 확인하였다($p < .05$).

사후분석 결과 큰가슴근/앞톱니근의 활성도 비율에서는 어깨 벌림 각도 30°에서는 1 kg와 2 kg에서 유의한 차이를 확인하였다($p < .05$). 60°에서는 0 kg와 1.5 kg 그리고 0 kg와 2 kg에서 유의한 차이를 확인하였다($p < .05$). 그리고 90°에서는 0 kg와 1 kg에서 유의한 차이를 확인할 수 있었다($p < .05$). 위 등세모근/앞톱니근의 활성도 비율에서는 어깨 벌림 각도 90°에서 0 kg와 2 kg에서 유의한 차이를 확인할 수 있었다($p < .05$)(Figure 3).

IV. 고찰

본 연구는 날개 어깨뼈를 가진 20대 대상자들을 통하여 바로 누운 자세에서 어깨 벌림 각도와 덤벨 무게에 따른 앞톱니근, 큰가슴근, 그리고 위 등세모근의 활성도 비교와 큰가슴근/앞톱니근과 위 등세모근/앞톱니근의 활성도 비율을 통하여 날개 어깨뼈 운동에 있어 보다 효과적인 어깨 벌림 각도와 무게를 알아보려 하였다.

본 연구의 결과 앞톱니근의 활성도는 어깨 벌림 각도 0°와 30°에서 그리고 무게 2 kg를 이용하였을 때 가장 높은 근 활성도를 확인하였다($p < .05$). 어깨 벌림 0°

Table 2. Muscle activities according to weight and angle of shoulder abduction of each muscle

Muscle (%MVIC)	Angle	Weight				Angle	Weight	Angle Weight
		0 kg	1 kg	1.5 kg	2 kg			
Serratus anterior	0°	36.56±13.55 ^a	41.92±16.96	46.91±17.27	50.94±18.08	<.001*	.244	.038*
	30°	30.89±15.37	35.01±15.67	38.57±17.61	42.05±19.75			
	60°	29.89±13.86	29.31±14.12	29.83±14.42	28.55±12.80			
	90°	19.94±8.74	18.79±8.22	19.48±9.96	22.26±9.62			
Pectoralis major	0°	8.34±5.69	8.13±3.61	8.24±3.93	8.93±3.97	.076	.113	.097
	30°	6.45±2.79	7.32±3.54	8.39±4.63	9.31±5.40			
	60°	6.02±2.70	8.14±5.24	8.79±5.52	10.26±6.99			
	90°	4.66±2.69	6.98±5.59	8.33±6.53	9.30±7.71			
Upper tarpezius	0°	4.36±2.45	4.31±2.74	4.40±2.96	5.09±4.28	.342	.900	.455
	30°	4.36±2.82	4.54±3.24	4.60±3.38	4.96±3.86			
	60°	4.07±2.86	4.25±2.73	3.91±2.64	3.93±2.86			
	90°	6.21±6.89	4.10±4.27	4.08±3.47	4.47±4.66			

^amean±standard deviation, * $p < .05$.

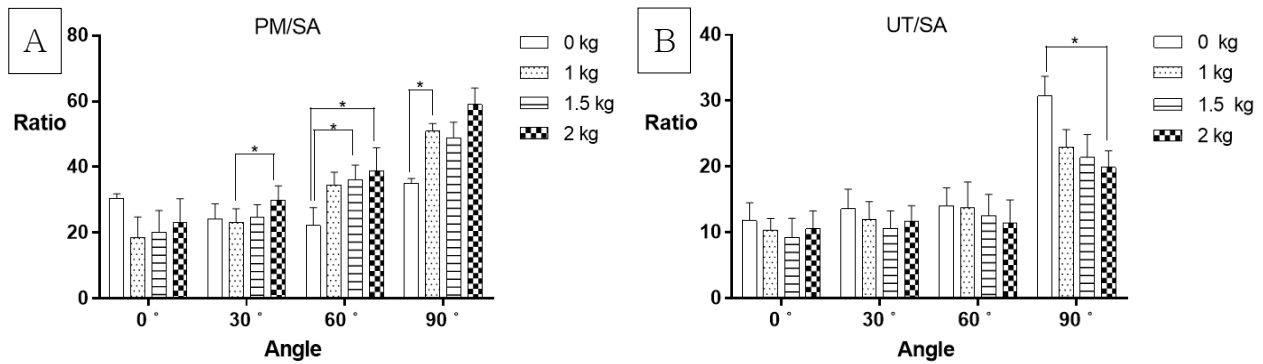


Figure 3. Comparison of ratio by weight and angle of abduction (A: PM/SA ratio, B: UT/SA ratio, PM: pectoralis major, SA: serratus anterior, UT: upper trapezius, *p<.05).

와 30°에서 가장 큰 근 활성도의 값을 할 수 있었는데 이는 앞톱니근은 복장빗장관절(sternoclavicular joint)의 수직 돌림 축을 중심으로 팔의 내밀 동작을 발생시키는데 유용한 지레작용을 하고 오목위팔어깨관절(glenohumeral joint)을 지나 앞쪽으로 손 뺏기나 내밀 운동을 주관하는 작용근들(agonist muscles)이라서 (Neumann 등, 2009) 해부학적인 위치에 의한 내밀 동작시 어깨 벌림의 각도가 0°와 30°에서 앞톱니근의 가장 강력한 활성화가 이루어지는 각도라 위와 같은 결과가 나타난 것으로 생각한다. 또한 각도에 따른 덤벨의 무게가 증가할수록 특히 2 kg에서 가장 높은 앞톱니근의 활성도가 증가한 것은 기존선행연구인 표준화된 푸쉬 업을 시행할 때 저강도 운동인 무릎을 이용한 푸쉬 업보다 고강도 운동일 때 앞톱니근의 활성도가 높게 나타난 것과 일치하고(Andersen 등, 2012) 벽을 이용한 푸쉬 업(wall push up plus)보다 전형적인 푸쉬 업 운동이 앞톱니근의 높은 활성도를 확인한 연구(Choi 등, 2017)를 통하여 볼 때 체중이나 외부 저항이 직접적으로 어깨가슴(scapulothoracic) 부위에 영향을 주어 본 연구 결과에서도 어깨 내밀 동작시에 외부 저항의 증가로 인하

여 더 많은 앞톱니근의 활성을 가져왔다고 볼 수 있다. 반대로 큰가슴근과 위 등세모근은 상대적으로 적은 근 활성도를 나타냈었고 유의한 차이는 없었다(p>.05). 이는 Park 등(2013)의 연구에서도 언급되었던 상호억제(reciprocal inhibition) 기전으로(Leonard, 1997; Stuart, 2007) 바로 누운 자세에서 어깨 벌림 각도가 증가할수록 대항근인 큰가슴근의 억제와 이완이 이루어지는 동시에 작용근인 수평 벌림근들이(horizontal abductors) 수축을 일으킨 결과이다. 나아가 같은 동작을 할 때 협동작용 근육들(synergist muscles)은 움직임을 통하여 서로 각자의 역할을 한다(Chance-Larsen 등, 2010; Frank 등, 2009). 결과적으로 같은 관절 움직임을 할 때 특정 하나의 근육 활성도가 감소하면 같은 동작을 하기 위하여 다른 근육의 활성도가 증가한다는 것이다(Farina 등, 2008; Madeleine 등, 2006). 따라서 본 연구에서도 무게와 어깨 벌림 각도에 따른 내밀 동작시 큰가슴근과 위 등세모근의 활성이 감소하면서 같은 동작 다른 근육의 역할인 앞톱니근의 활성이 증가한 것으로 생각된다. 하지만 큰가슴근은 무게에 따라 유의한 차이는 없었지만 수치상의 증가를 확인할 수 있었다. 이 부

Table 3. Ratio of muscle activities according to weight and angle of shoulder abduction of PM/SA and UT/SA

Muscle ratio	Angle	Weight				Angle	Weight	Angle Weight
		0 kg	1 kg	1.5 kg	2 kg			
PM ^a /SA ^b	0°	29.44±31.50 ^c	22.96±14.00	24.84±15.56	28.29±18.15	<.001*	.267	.582
	30°	27.50±20.91	26.16±20.20	27.46±22.22	33.01±26.75			
	60°	26.08±18.35	37.27±31.78	39.29±33.07	43.83±33.87			
	90°	33.92±36.10	49.25±52.53	52.26±45.53	55.42±62.56			
UT ^d /SA	0°	13.73±9.93	11.61±9.09	11.31±7.28	12.47±8.62	<.001*	.381	.556
	30°	15.70±11.49	13.89±10.04	12.48±8.68	13.37±9.94			
	60°	16.00±12.19	16.54±10.96	14.83±10.21	13.94±9.04			
	90°	32.85±28.65	24.85±21.03	23.85±18.94	21.67±18.13			

^apectoralis major, ^bserratus anterior, ^cmean±standard deviation, ^dupper trapezius, *p<.05.

분은 Park 등(2013)의 연구에서 벽에 기댄 푸쉬 업 운동에서 나타난 큰가슴근의 활성도가 앞쪽 굽힘(forward flexion)과 스캐션(scaption) 위치에서의 운동보다 높은 활성도를 확인하였는데 그 이유는 벽에 기댄 자세가 팔에 대해 몸통의 체중 부하가 실린 결과라고 하였다. 또한 바로 누운 자세에서 보다 네발기기 자세에서 큰가슴근의 활성화를 확인한 Kim과 Park(2018)의 연구 결과에서도 체중을 동반한 자세 및 운동에서 주변 근육들의 동시 수축을 유발한다고 하였다. 따라서 본 연구에서도 열린 사슬 자세인 바로 누운 자세임에도 불구하고 외부저항인 중력과 함께 덤벨 무게의 증가에 따른 지렛팔(lever arm)의 변화로 운동 시작 자세를 유지하기 위한 큰가슴근의 편심성 수축(eccentric contraction)의 영향으로 약간의 증가가 있었던 것으로 생각된다(Uhl 등, 2003).

큰가슴근/앞뚱니근과 위 등세모근/앞뚱니근의 활성도 비율 비교에서는 각도에 따른 유의한 차이를 확인하였으며 어깨 벌림 각도 0°에서 각각의 가장 낮은 비율을 확인하였다($p < .05$). 사후분석 결과에서는 큰가슴근/앞뚱니근의 비율에서 어깨 벌림 각도 30°에서 1 kg과 2 kg, 60°에서는 0 kg과 1.5 kg 그리고 2kg, 90°에서는 0 kg과 1 kg에서 유의한 차이를 확인하였다($p < .05$). 위 등세모근/앞뚱니근의 비율에서는 어깨 벌림 각도 90°에서 0 kg과 2 kg에서 유의한 차이를 확인하였다($p < .05$). 이러한 결과는 선행연구에서도 확인할 수 있었는데 먼저 근 활성도의 비율은 근육들 사이의 균형적인 부분을 나타내는 변수이다. 즉 날개 어깨뼈 환자와 정상인을 대상으로 어깨 내뺨 동작시 어깨 주변 근 활성을 확인한 연구 결과에서 정상인에서 앞뚱니근과 큰가슴근, 위 등세모근, 그리고 앞 어깨세모근(anterior deltoid) 간의 비율이 날개 어깨뼈 환자들보다 유의한 차이를 확인한 결과가 이를 뒷받침 해준다(Kim 등, 2019). 따라서 큰가슴근과 앞뚱니근 그리고 위 등세모근과 앞뚱니근 사이의 균형은 본 연구의 어깨 벌림 각도 0°와 30°에서 위와 같은 근육들의 균형적인 부분이 최적에 가깝다고 할 수 있다(Choi 등, 2017; Ludewig 등, 2004). Kim과 Park(2018)의 연구 결과에서도 바로 누운 자세에서 어깨 벌림 0°에서 내뺨시에 앞뚱니근과 위 등세모근 그리고 큰가슴근 간의 비율이 엎드린 자세에서 내뺨할 때 보다 유의한 차이를 확인한 결과와 유사하다. 또한 벽에 기댄 자세에서 어깨 내뺨 동작을 할 때 어깨 벌림 0°보다 scaption 위치에서의 큰가슴근과 앞뚱니근의 비가 1 미만으로 나타난 연구 결과와 비슷하다고 할 수 있다

(Park 등, 2013). 다시 말해 본 연구 결과 바로 누운 자세에서 무게와 벌림 각도에 따라 근 활성도의 값이 앞뚱니근은 0°와 30°에서 외부 저항 2 kg을 이용한 어깨 내뺨시에 가장 높았고 나머지 근육들은 일정한 증가 없이 규칙적인 활성도를 나타냈으며 이는 곧 앞뚱니근과의 활성도 비율 비교에서 0°와 30°에서 일정한 감소의 패턴을 확인할 수 있었다. 또한 무게와의 비교에서는 1 kg와 1.5 kg에서 가장 낮은 비율을 확인할 수 있었다. 이는 곧 날개 어깨뼈를 대상으로 바로 누운 자세에서 운동프로그램을 적용할 때 어깨 벌림 각도 0°와 30°에서 본 연구의 대상자들에게 외부 저항으로 사용한 1 kg와 1.5 kg 덤벨과 같이 가벼운 저항과 중등도의 저항을 이용하여 내뺨 운동을 할 때 앞뚱니근과의 비율적인 측면에서 가장 효과적인 운동이 될 것이라고 생각한다.

그러나 본 연구에서 몇 가지 제한점들이 존재한다. 첫째 본 연구의 대상자들의 수가 적고 아울러 20대 날개 어깨뼈 대상자들이라서 다른 연령대 및 성별을 고려한 본 연구에서 사용한 외부 저항의 적용에 대해서 일반화하기가 어렵다. 둘째 어깨 안정화에 기여하는 중간(middle) 및 아래(lower) 등세모근, 작은가슴근(pectoralis minor), 그리고 돌림근띠(rotator cuff) 등에 대한 근전도 결과의 다양성이 부족하다. 셋째 어깨뼈의 전과 후의 비교가 이루어 지지 못하였다. 넷째 대상자들 간의 체격(체중, 성별)에 비례한 외부 저항을 적용하지 못하고 본 연구에는 확실적인 외부 저항의 무게를 선택한 점. 마지막으로 본 연구는 어깨 내뺨 운동을 통한 근전도의 즉각적인 활성화 부분들을 확인하였기에 추후 연구에서는 충분한 근력의 증진을 위하여 중재기간을 통한 어깨 안정화에 기여하는 근육들의 실질적인 활성화에 대한 연구가 이루어졌으면 한다.

V. 결론

본 연구는 20대 젊은 날개 어깨뼈 대상자들을 대상으로 날개 어깨뼈 교정에 도움이 되는 앞뚱니근의 훈련 목적으로 주로 사용하는 열린 사슬 운동 자세인 바로 누운 자세에서 어깨 내뺨 운동시에 어깨 벌림 각도 0°, 30°, 60°, 90°와 덤벨 무게 0 kg, 1 kg, 1.5 kg, 2 kg에 따른 앞뚱니근과 큰가슴근 그리고 위 등세모근의 활성도 비교와 큰가슴근과 앞뚱니근 그리고 위 등세모근과 앞

톱니근의 활성화 비율을 비교하여 보다 날개 어깨뼈에 유용한 효과적인 운동 방법을 제시하고자 하였다.

본 연구 결과 0°와 30° 어깨 벌림 각도에서 앞톱니근의 활성화도가 높았으며 특히 벌림 각도 0°와 30°에서 2 kg 덤벨을 들고 내뱐 운동시에 가장 높은 활성도를 확인하였다. 큰가슴근과 위 등세모근과의 활성화도 비율 비교에서는 각도에 따른 유의한 차이를 확인하였고 큰가슴근과 앞톱니근의 비율에서는 어깨 벌림 30°에서 1 kg와 2 kg, 60°에서 0 kg와 1.5 kg 및 2 kg, 90°에서 0 kg와 1 kg에서 유의한 차이를 확인하였다. 위 등세모근과 앞톱니근의 비율에서는 90°에서 0 kg와 2 kg에서 유의한 차이를 확인하였다.

따라서 본 연구 결과를 통하여 날개 어깨뼈 대상자들을 위한 운동방법은 바로 누운 자세에서 어깨 벌림 각도 0°와 30°에서 1 kg와 1.5 kg 덤벨과 같이 가벼운 저항과 중증도의 저항을 이용하여 운동을 하는 것이 가장 효율적이라고 생각한다.

References

Andersen CH, Zebis MK, Saervoll C, et al. Scapular muscle activity from selected strengthening exercises performed at low and high intensities. *J Strength Cond Res.* 2012;26(9):2408-2416. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31823f8d24>

Chance-Larsen K, Littlewood C, Garth A. Prone hip extension with lower abdominal hollowing improves the relative timing of gluteus maximus activation in relation to biceps femoris. *Man Ther.* 2010;15(1):61-65. <http://doi.org/10.1016/j.math.2009.07.001>.

Choi WJ, Yoon TL, Choi SA, et al. Different weight bearing push-up plus exercises with and without isometric horizontal abduction in subjects with scapular winging: A randomized trial. *J Bodyw Mov Ther.* 2017;21(3):582-588. <http://doi.org/10.1016/j.jbmt.2016.08.018>.

Cools AM, Dewitte V, Lanszweert F, et al. Rehabilitation of scapular muscle balance: which exercises to prescribe? *Am J Sports Med.* 2007;35(10):1744-1751. <http://doi.org/10.1177/0363546507303560>

Decker MJ, Hintermeister RA, Faber KJ, et al.

Serratus anterior muscle activity during selected rehabilitation exercises. *Am J Sports Med.* 1999;27(6):784-791. <http://doi.org/10.1177/03635465990270061601>

Didesch JT, Tang P. Anatomy, etiology, and management of scapular winging. *J Hand Surg Am.* 2019;44(4):321-330. <http://doi.org/10.1016/j.jhsa.2018.08.008>

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. <http://doi.org/10.2519/jospt.2003.33.5.247>

Escamilla RF, Yamashiro K, Paulos L, et al. Shoulder muscle activity and function in common shoulder rehabilitation exercises. *Sports Med.* 2009;39(8):663-685. <http://doi.org/10.2165/00007256-200939080-00004>

Farina D, Leclerc F, Arendt-Nielsen L, et al. The change in spatial distribution of upper trapezius muscle activity is correlated to contraction duration. *J Electromyogr Kinesiol.* 2008;18(1):16-25. <http://doi.org/10.1016/j.jelekin.2006.08.005>

Fitchet SM. Injury of the serratus magnus (anterior) muscle. *N Engl J Med.* 1930;203(17):818-823.

Frank CC, Page P, Lardner R. Assessment and Treatment of Muscle Imbalance: The Janda approach. 1st ed. Illinois, Human Kinetics. 2009.

Hallström E, Kärrholm J. Shoulder kinematics in 25 patients with impingement and 12 controls. *Clin Orthop Relat Res.* 2006;448:22-27. <http://doi.org/10.1097/01.blo.0000224019.65540.d5>

Hardwick DH, Beebe JA, McDonnell MK, et al. A comparison of serratus anterior muscle activation during a wall slide exercise and other traditional exercises. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2006;36(12):903-910. <http://doi.org/10.2519/jospt.2006.2306>

Jo YJ. Analytic comparison of trapezius and serratus anterior activities depending on shoulder complex movement. Seoul, Korea University, Master Thesis. 2014.

Kendall FP, McCreary EK, Provance PG. Muscles: Testing and Function With Posture and Pain. 5th ed. Baltimore, Lippincott Williams & Wilkin. 2005:180-218.

Keshavarz R, Bashardoust Tajali S, Mir SM, et al.

The role of scapular kinematics in patients with different shoulder musculoskeletal disorders: A systematic review approach. *J Bodyw Mov Ther.* 2017; 21(2):386-400. <http://doi.org/10.1016/j.jbmt.2016.09.002>

Ki HS, Kwon OY, Yi CH et al. Effects of the scapular taping on the muscle activity of the scapula rotators and pain in subjects with upper trapezius pain. *Phys Ther Korea.* 2010;17(1):77-85.

Kibler WB, Ludewig PM, McClure PW, et al. Clinical implications of scapular dyskinesis in shoulder injury: the 2013 consensus statement from the 'Scapular Summit'. *Br J Sports Med.* 2013;47(14): 877-885. <http://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092425>

Kibler WB, Sciascia A. Current concepts: scapular dyskinesis. *Br J Sports Med.* 2010;44(5):300-305. <http://doi.org/10.1136/bjism.2009.058834>

Kim JS, Kim MH, Ahn DH, et al. Comparison of shoulder protraction strength and electromyography activity of serratus anterior and pectoralis major in subjects with or without a winged scapula. *J Sport Rehabil.* 2019;28(3):272-277. <http://doi.org/10.1123/jsr.2018-0059>

Kim TH, Park HK. The comparison for serratus anterior muscle activity during protraction in open chain and closed chain exercises in healthy adults. *J KEMA.* 2018;2(1):1-5. <https://doi.org/10.29273/jkema.2018.2.1.1>

Leonard CT. *The Neuroscience of Human Movement: Principles of reflex action and motor control.* 1st ed. St Louis, Mosby. 1998.

Lim JY. The effects of closed and open kinematic chain exercises for scapular winging. Daegu, Daegu University, Master Thesis. 2010.

Ludewig PM, Hoff MS, Osowski EE, et al. Relative balance of serratus anterior and upper trapezius muscle activity during push-up exercises. *Am J Sports Med.* 2004;32(2):484-493. <http://doi.org/10.1177/0363546503258911>

Lukasiewicz AC, McClure P, Michener L, et al. Comparison of 3-dimensional scapular position and orientation between subjects with and without shoulder impingement. *J Orthop Sports Phys Ther.*

1999;29(10):574-583. <http://doi.org/10.2519/jospt.1999.29.10.574>

Madeleine P, Leclerc F, Arendt-Nielsen L, et al. Experimental muscle pain changes the spatial distribution of upper trapezius muscle activity during sustained contraction. *Clin Neurophysiol.* 2006;117(11): 2436-2445. <http://doi.org/10.1016/j.clinph.2006.06.753>

Madeleine P, Mathiassen SE, Arendt-Nielsen L. Changes in the degree of motor variability associated with experimental and chronic neck-shoulder pain during a standardised repetitive arm movement. *Exp Brain Res.* 2008;185(4):689-698. <http://doi.org/10.1007/s00221-007-1199-2>

Mase S, Tuzzo D, Salina C, et al. [Injury of the long thoracic nerve after LRA, which etiology? Clinical case]. *Minerva Anesthesiol.* 2000;66(3):153-156.

McClure PW, Michener LA, Sennett BJ, et al. Direct 3-dimensional measurement of scapular kinematics during dynamic movements in vivo. *J Shoulder Elbow Surg.* 2001;10(3):269-277. <http://doi.org/10.1067/mse.2001.112954>

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. <http://doi.org/10.1177/036354659202000206>

Neumann DA. *Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundations for rehabilitation.* 2nd ed. St Louis, Mosby. 2009:121-172.

Park KM, Cynn HS, Yi CH, et al. Effect of isometric horizontal abduction on pectoralis major and serratus anterior EMG activity during three exercises in subjects with scapular winging. *J Electromyogr Kinesiol.* 2013;23(2):462-468. <http://doi.org/10.1016/j.jelekin.2012.11.013>

Sahrmann S. *Diagnosis and Treatment of Movement Impairment Syndromes.* St Louis, Mosby. 2002:216-231.

Stuart I. *Human Physiology: Mechanism of contraction and neural control.* 10th ed. New York, McGraw-Hill, 2007.

Uhl TL, Carver TJ, Mattacola CG, et al. Shoulder musculature activation during upper extremity weight-bearing exercise. *J Orthop Sports Phys Ther.*

2003;33(3):109-117. <http://doi.org/10.2519/jospt.2003.33.3.109>

Warner JJ, Micheli LJ, Arslanian LE, et al. 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.

<http://doi.org/10.1097/00003086-199212000-00024>

This article was received June 19, 2019, was reviewed June 19, 2019, and was accepted August 6, 2019.