

Original Article

## 어깨뼈 내밀 운동 시 어깨관절 수평 벌림과 수평모음 저항과 외부 무게에 따른 앞톱니근, 위등세모근, 그리고 큰가슴근 근활성도 비교

배창환, 김규령<sup>1)</sup>, 추이저<sup>1)</sup>, 김명권<sup>2)</sup>, 박수형<sup>3)</sup>

배창환 운동센터, 대구대학교 일반대학원 물리치료전공 대학원생<sup>1)</sup>, 대구대학교 재활과학대학 물리치료학과 교수<sup>2)</sup>, M.S.T운동센터<sup>3)</sup>

### Comparison of the Serratus Anterior, Upper Trapezius, and Pectoralis Major Muscle Activity According to Horizontal Abduction and Horizontal Adduction Resistance and External Weight During Protraction Exercise

Chang-hwan Bae, Kyu-ryeong Kim<sup>1)</sup>, Zhe Cui<sup>1)</sup>, Myoung-kwon Kim<sup>2)</sup>, Su-hyung Park<sup>3)</sup>

Department of Physical Therapy, Bae Chang Hwan Training Center

Department of Physical Therapy, Graduate School, Daegu university<sup>1)</sup>

Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation Sciences, Dagu University<sup>2)</sup>

Department of Physical Therapy, M.S.T Training Center<sup>3)</sup>

#### ABSTRACT

**Background:** The increase in the activity of the upper trapezius (UT) muscle and decrease in the activity of the serratus anterior (SA) and lower trapezius (LT) muscle produce an abnormal scapulothoracic rhythm. Therefore, the SA is the focus of therapeutic exercise protocols for the rehabilitation. This study aimed to compare the activity of the muscles according to resistance levels during protraction exercise.

**Methods:** Thirteen healthy 20 to 30 years old male and female subjected participated in the study. All subjects performed the scapular protraction exercise with the weights of 0, 5, and 10kg, combined with horizontal shoulder abduction and adduction. The electromyography data of the SA, UT, and pectoralis major (PM) during the exercise were recorded using surface electrodes. The ratios of PM/SA and UT/SA were calculated. Repeated one-way ANOVA was used to determine the statistical significance.

**Results:** There was a significant difference in the muscle activity of the SA and PM ( $p < .05$ ). Specifically, SA had the highest activity and PM had the lowest activity at an abduction resistance 10kg ( $p < .01$ ). There was a significant difference in the ratios of UT/SA and PM/SA ( $p < .05$ ). The ratio of PM/SA was the lowest at the abduction resistance of 10kg ( $p < .01$ ).

**Conclusion:** According to this study, for the selective activation of the serratus anterior, protraction exercises should be applied as a method of adding resistance to protraction and horizontal abduction.

#### Key Words:

Scapular protraction, Serratus anterior, Upper trapezius, Pectoralis major, Muscle activity

## I. 서론

어깨 복합체(shoulder complex)는 복장뼈, 빗장뼈, 갈비뼈, 어깨뼈 그리고 위팔뼈에 의해 4개의 관절로 구성된다. 또한, 어깨 복합체를 움직이는 어깨 근육들은 각각의 관절들에 함께 작용하여 협응된 움직임을 만들어 낸다(Neumann, 2009). 팔을 들어 올리는 동안 어깨뼈와 위팔뼈의 움직임은 1:2의 비율로 나타나며, 이를 어깨위팔리듬(scapulohumeral rhythm)이라고 한다. 특히 어깨위팔리듬은 어깨뼈 위쪽돌림근인 위등세모근(upper trapezius), 아래등 세모근(lower trapezius), 그리고 앞톱니근(serratus anterior)의 협력 수축에 의해 이루어진다(Cools 등, 2004; McClure 등, 2004)

팔을 들어 올리는 동안 어깨뼈의 위쪽 돌림이 부족하거나 위쪽 돌림근들의 근활성도가 균형을 이루지 못하는 경우, 어깨충돌증후군(shoulder impingement syndrome)과 어깨뼈 운동 이상(scapular dyskinesis)과 같이 어깨뼈의 기능장애가 발생 할 수 있다(Larsen 등, 2019; Martin과 Fish, 2008). 특히, 어깨뼈 위쪽돌림근의 불균형은 대개 앞톱니근의 근활성도 감소와 위등세모근 근활성도 증가로 나타나며, 위등세모근의 근활성도 증가는 앞톱니근의 약화로 인한 근활성도 감소를 보상하기 위한 것으로 설명된다(Gooding 등, 2013; Cools 등, 2005).

그러나 기존의 어깨뼈의 기능장애를 해결하기 위한 치료과정에는 앞톱니근의 근력을 강화시키는 것이 치료의 초점이 되어왔고, 앞톱니근의 근활성도를 유의하게 향상시킬 수 있는 운동 방법으로 푸쉬업 운동(push-up exercise)(Ludewig 등, 1996), Decker 등(1999)의 푸쉬업 플러스 운동, 그리고 벽에서 미끄러지는 운동(Hardwick 등, 2006)등이 많이 알려져 있지만 앞톱니근의 근력이 약할 경우에는 앞톱니근의 근력 강화 운동 시에 보상작용으로 인해 다른 협력근들의 동원이 증가하는 문제점이 발생하고 있다.

최근에는 어깨를 안정화 시키는 근육인 앞톱니근의 선택적인 근활성도를 증가시키는 다양한 운동 방법들이 제시되었다(Casteleing 등, 2016; Jo, 2014; Choung 등, 2013; Koh 등, 2012). 또한, 선택적 근활성화를 위해 위등세모근/앞톱니근 비(ratio of upper trapezius/serratus anterior)가 낮은 운동으로 앞톱니근의 높은 활성도와 동시에 위등세모근의 낮은 근활성도를 나타내는 것이 추천되며(Ludewig 등, 2004), 앞톱니근의 선택적인 활성화를 위해선 위등세모근과 큰가슴근의 보상적인 활성을 통제하는 운동프로그램이 적용이 필요하

다고 보고되고 있다(Farina 등, 2008)

Ludewig 등(2004)은 위등세모근의 사용을 줄이면서 앞톱니근의 활성도를 높이는 선택적인 강화가 필요하다고 주장하였는데, 여러 가지 운동 중에서 어깨뼈 내심 운동으로 알려진 푸쉬-업 플러스 운동이 가장 효과적이라고 보고 하였다.

Choung 등(2013)은 운동면에 따른 어깨관절 굽힘 각도에 따른 어깨뼈 내심 운동시 앞톱니근과 위등세모근, 큰가슴근의 근활성도를 비교에서 위등세모근의 활성도가 높은 사람들에게는 시상면 90도에서 가장 효과적이었고, 큰가슴근의 활성도가 높은 사람들에게는 어깨면 130도에서 앞톱니근이 가장 효과적인 운동이라고 보고 하였다.

Koh 등(2012)은 내심 운동시 위등세모근의 근활성도가 높은 사람들에게 서있는 자세보다 누워서 하는 운동이 위등세모근 근활성도를 억제 시키면서 앞톱니근의 근활성도를 높이는 운동이라고 보고하였다.

Jo(2014)는 바로 선 자세에서 어깨뼈 내심 운동 시 위팔 벌림에 따른 앞톱니근, 위등세모근, 중간등세모근, 아래등세모근의 근활성도를 확인하였으며, 수평 벌림 30도에서 앞톱니근의 높은 근활성도를 보고하였다.

Castelein 등(2016)은 어깨면 자세에서의 팔 올림, 수건을 이용한 벽 슬라이딩 운동, 그리고 세라밴드를 사용한 팔의 올림과 어깨관절의 바깥돌림 운동 시 어깨뼈 주위 근육의 근활성도 비교에서 외적 부하를 주었을 때 앞톱니근의 높은 근활성도를 보고하였다.

이처럼 선택적인 앞톱니근의 근활성도를 높이기 위해 어깨뼈 내심과 팔의 올림에 대한 연구들이 많이 진행되고 있지만 아직까진 어깨뼈 내심 운동 시 어깨관절에 대한 저항과 외부 무게 정도에 따라 위등세모근과 큰가슴근의 근활성도를 줄이면서 선택적인 앞톱니근의 근활성도를 높이는 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 바로 누운 자세에서 어깨관절의 벌림과 모음 저항과 외부 무게에 따른 어깨 내심 운동 수행 시 위등세모근, 큰가슴근과 앞톱니근의 근활성도와 비율을 비교하여 효율적인 어깨뼈 내심 운동을 제시하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상자

본 연구는 울산시에 거주하는 20~30세 남성과 여성으로 실험을 하기 전에 연구 목적과 방법에 대해 충분히

설명을 하고 참여자의 자발적인 동의를 얻었다. 연구대상자 선정기준은 상지와 하지의 신경학적 손상이 없는 자, 최근 어깨, 팔꿈치, 손목, 발목, 무릎, 허리 수술 경험이 없는 자, 팔다리의 근육뼈대계통 이상이 없는 자로 하였으며, 실험 전 3명을 대상으로 예비실험을 한 후 문제점을 수정하여 15명을 대상으로 진행하였다. 실험 절차를 끝까지 수행할 수 없었던 2명은 탈락시켰고 나머지 13명을 연구대상자로 확정하였다.

## 2. 실험방법

본 연구에서는 대상자들에게 바로 누운 자세에서 한 팔을 올리고 어깨관절 굽힘 90°에서 수평 벌림 30°로 유지한 상태에서 어깨뼈 내밀 운동을 실시하였다(Yadam 2017). 어깨관절 굽힘과 수평 벌림 각도는 각도계를 이용하여 설정하였고, 수평 벌림과 수평 모음 저항은 풀리를 사용하여 손목의 내외측에 무게를 적용하여 어깨뼈 내밀 운동을 실시하였으며, 외부 무게는 덤벨(0kg, 5kg, 10kg)을 활용하였다. 운동은 바로 누운 자세에서 벌림과 모음에 대한 저항 없이 외부 무게 0kg만 적용한 어깨뼈 내밀 운동(resist 0kg), 어깨관절 수평 벌림 저항과 외부 무게 5kg(abduction resistance 5kg; ABD 5kg), 10kg(abduction resistance 10kg; ABD 10kg)을 적용한 어깨뼈 내밀 운동, 어깨관절 수평 모음 저항과 외부 무게 5kg(adduction resistance 5kg; ADD 5kg), 10kg(adduction resistance 10kg; ADD 10kg)을 적용한 어깨뼈 내밀 운동을 실시하였다(Figure 1). 각각의 조건은 무작위로 진행하였다.

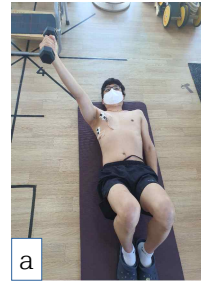
모든 운동은 5초간 3회씩 측정하였으며, 각 조건 간 휴식은 5분의 휴식시간이 주었다.

## 3. 실험도구 및 측정방법

### 1) 실험도구

어깨관절의 굽힘과 벌림 각도를 측정하기 위하여 관절 각도계(Goniometer, AP5322, Apsun Inc, Korea)를 이용하여 측정하였고, 어깨관절 수평 모음과 수평 벌림에 대한 저항 강도를 일정하게 유지하기 위하여 풀리(Speed pully, 태양헬스존, Korea)를 사용하였다(Figure 2).

### 2) 근활성도 측정



a. without resistance



b. Abduction resistance c. Adduction resistance  
**Figure 1.** Protraction exercise



a. Goniometer b. Pulley  
**Figure 2.** Experimental tool

연구대상자의 바로 누운 자세에서 우세측 어깨뼈 내밀 운동시 앞뿔근, 위등세모근, 큰가슴근의 근활성도를 측정하기 위해서 표면근전도(TeleMyoDTS, Noraxon Inc, Scottsdale, AZ, USA)를 사용하여 수집 및 분석하였다(Figure 3). 표면 전극 부착 시 피부 저항을 최소화하기 위해 체모가 있는 경우엔 면도를 실시하여 제거하였고, 사포를 이용하여 각질을 제거하고 알코올로 소독하였다.

전극은 Ag/AgCl 전극을 사용하였으며, 근전도 신호 수집을 위한 표본추출률(신호획득률; sampling rate)은 1,500Hz로 하고, 수집된 신호는 완파 정류(full wave rectification)로 처리하였다. 근전도 자료 처리는 수집된 아날로그 신호를 아날로그-디지털 변환기에 의하여 디지털

털 신호로 전환하여 Myoresearch XP 1.72 소프트웨어를 이용하여 신호를 처리 하였다.

실험 전, 측정 데이터의 표준화를 위해 해당 근육의 최대 등척성 수축(maximum voluntary isometric contraction: MVIC)으로 근전도 값을 측정하였다. 우세측 앞뿔니근, 위등세모근, 큰가슴근의 측정을 위한 자세는 도수근력 검사(manual muscle test)를 기준으로 시행 하였다. MVIC는 처음과 마지막 1초를 제외한 3초 동안의 평균값을 제곱근의 평균제곱(root mean square: RMS)으로 처리하여 설정하였다. 대상자의 근 피로를 고려하여 측정마다 5분간 휴식을 제공하였다(Cram 등, 1998).



Figure 3. Surface electromyography

(1) 앞뿔니근 측정 방법

앞뿔니근은 앉은 자세에서 어깨뼈를 내민 상태로 위팔을 125° 굽히고, 측정자의 한 손으로 대상자 어깨뼈 아래각에 위치시켜 안정화 시킨 후 어깨뼈를 뒤당김 방향으로 저항을 주어 버티도록 하였다(Ekstrom 등, 2003).

(2) 큰가슴근 측정 방법

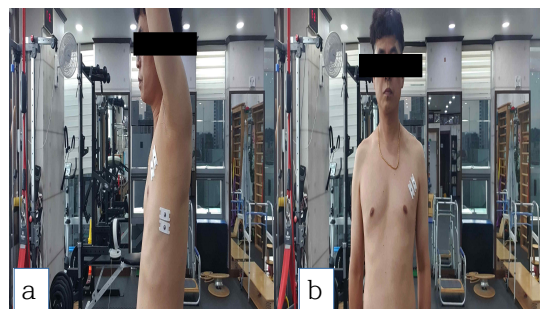
큰가슴근은 바로 누운 자세에서 팔을 90°로 굽힌 상태에서 검사자의 한 손은 반대쪽 어깨를 고정 시키고 다른 한 손은 위팔 벌림 방향으로 저항을 제공하여 최대 수축 시켰다(Ekstrom 등, 2003).

(3) 위등세모근 측정 방법

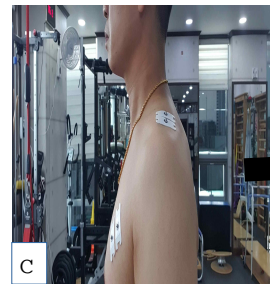
위등세모근은 앉은 자세에서 고개를 반대측으로 돌린 상태에서 검사자는 어깨뼈가 내림되는 방향으로 저항을 제공하고 다른 한 손으로는 대상자의 뒤통수부에 앞쪽 굽힘 방향으로 저항을 제공하여 최대 수축 되도록 하였다(Ekstrom 등, 2003).

(4) 전극 부착 부위

전극 부착 부위는 우세측 앞뿔니근, 위등세모근, 큰가슴근에 전극을 부착하였다. 앞뿔니근은 갈비뼈 7번을 지나 중간 겨드랑이선 부위에 부착하였고, 위등세모근은 제7번 목뼈의 가시돌기에서 어깨뼈 봉우리 사이의 중간 지점에 부착하였고, 큰가슴근은 겨드랑 주름(axillary fold) 안쪽 2cm 지점에 부착하였고, 모든 전극은 각 근육 힘살에 세로축으로 부착하였다(Criswell, 2010) (Figure 4).



a: Serratus anterior      b: Pectoralis major



c: Upper trapezius

Figure 4. Placement of surface electrodes.

4. 자료처리

수집된 자료는 윈도우용 SPSS version 20.0 프로그램을 이용하여 분석하였다.

어깨관절 내밀 운동시 수평 모음과 벌림 저항에 따른 5가지 운동 방법을 선택하여 앞뿔니근, 위등세모근, 큰가슴근의 근활성도를 알아보기 위해 일요인 반복측정 분산 분석(repeated one-way ANOVA)을 실시하였고, 사후 검정은 본페로니 수정법(Bonferroni correction)을 이용하였다.(.05/5). 통계적 유의성을 검정하기 위해 유의수준은  $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

1. 연구대상자의 일반적 특성

13명의 대상자의 일반적 특성은 성별은 남성 10명, 여성 3명이었으며 연령은 25.84±2.79세, 신장은 173.15±7.30cm, 체중은 68.84±7.50kg이었다(Table 1).

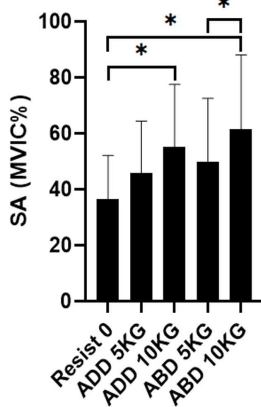
**Table 1.**  
General characteristics of subjects.

|                      | Protraction exercise<br>(n=13) | Range   |
|----------------------|--------------------------------|---------|
| Sex<br>(male/female) | 13(10/3)                       |         |
| Age(yrs)             | 25.84±2.79 <sup>a</sup>        | 20~30   |
| Height(cm)           | 173.15±7.30                    | 162~186 |
| Weight(kg)           | 68.84±7.50                     | 60~82   |

<sup>a</sup>Mean±SD

## 2. 앞뿔니근의 근활성도 비교

어깨관절 굽힘 90°, 수평 벌림 30°에서 어깨뼈 내밀 운동 시 저항의 양과 방향에 따른 앞뿔니근의 근활성도 변화에 유의한 차이가 나타났다(p<.05)(Table 2). 사후검정을 실시한 결과 0kg~ADD 10kg, 0kg~ABD 10kg와 ABD 5kg~ABD 10kg에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(p<.01)(Figure 5).

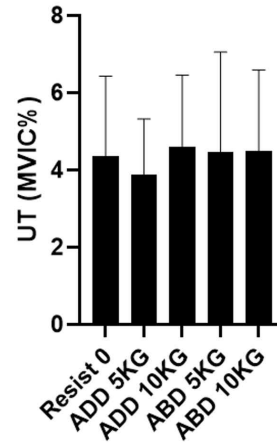


**Figure 5.** Comparison of SA EMG activity during protraction exercise with the resist 0kg, ADD 5kg, ADD 10kg, ABD 5kg, and ABD 10kg (ADD: adduction resistance, ABD: abduction resistance, \*p<.01).

## 3. 위등세모근의 근활성도 비교

어깨뼈 내밀 운동 시 저항의 양과 방향에 따른 위등세

모근의 근활성도 변화에 유의한 차이가 나타나지 않았다 (p>.05)(Table 2)(Figure 6).



**Figure 6.** Comparison of UT EMG activity during protraction exercise with the resist 0kg, ADD 5kg, ADD 10kg, ABD 5kg, and ABD 10kg (ADD: adduction resistance, ABD: abduction resistance).

## 4. 큰가슴근의 근활성도 비교

어깨뼈 내밀 운동 시 저항의 양과 방향에 따른 큰가슴근의 근활성도 변화에 유의한 차이가 나타났다(p<.05)(Table 2). 0kg~ADD 5kg, 0kg~ADD 10kg, 0kg~ABD 10kg, ADD 5kg~ADD 10kg, ADD 5kg~ABD 5kg, ADD 5kg~ABD 10kg, ADD 10kg~ABD 5kg, ADD 10kg~ABD 10kg와 ABD 5kg~ABD 10kg에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(p<.01)(Figure 7).

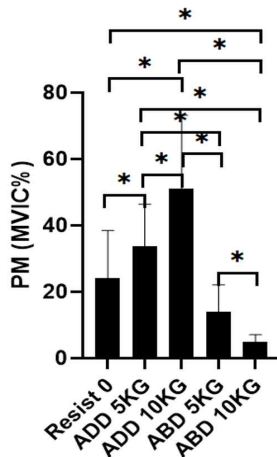
## 5. 위등세모근 / 앞뿔니근 근활성도 비율

어깨뼈 내밀 운동 시 저항의 양과 방향에 따른 위등세모근/앞뿔니근의 근활성도 비율은 유의한 차이가 나타났다(p<.05)(Table 2). 사후검정을 실시한 결과 유의한 차이가 나타나지 않았다(p>.01)(Figure 8).

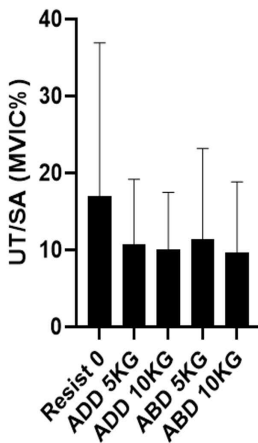
## 6. 큰가슴근 / 앞뿔니근 근활성도 비율

어깨뼈 내밀 운동 시 저항의 양과 방향에 따른 큰가슴근/앞뿔니근의 근활성도 비율은 유의한 차이가 나타났다(p<.05)(Table 2). ADD 5kg~ABD 5kg, ADD 5kg~ABD 10kg, ADD 10kg~ABD 5kg, ADD 10kg~ABD 10kg와 ABD 5kg~ABD 10kg에서 통계적으로 유의한 차이가 나

타났다( $p < .01$ )(Figure 9).



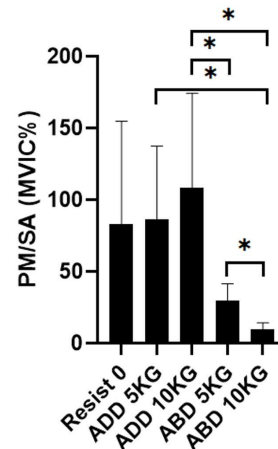
**Figure 7.** Comparison of PM EMG activity during protraction exercise with the resist 0kg, ADD 5kg, ADD10kg, ABD 5kg, and ABD 10kg (ADD: adduction resistance, ABD: abduction resistance, \* $p < .01$ ).



**Figure 8.** Comparison of UT/SA EMG activity ratio during protraction exercise with the resist 0 kg, ADD 5kg, ADD 10kg, ABD 5kg, and ABD 10kg (ADD: adduction resistance, ABD: abduction resistance).

#### IV. 고찰

본 연구는 바로 누운 자세에서 어깨관절의 벌림과 모음 저항과 외부무게에 따른 어깨 내밀 운동 수행시 위등세모근, 큰가슴근과 앞톱니근의 근활성도와 비율을 비교하여 효율적인 어깨뼈 내밀 운동을 알아보기 위하여 바



**Figure 9.** Comparison of PM/SA EMG activity ratio during protraction exercise with the resist 0kg, ADD 5kg, ADD 10kg, ABD 5kg, and ABD 10kg (ADD: adduction resistance, ABD: abduction resistance, \* $p < .01$ ).

로 누운 자세에서 한 팔을 올리고 어깨 관절 굽힘 90°에서 수평 벌림 30°로 유지한 상태에서 내밀 운동을 실시하였다.

본 연구의 결과 어깨관절 저항에 따른 앞톱니근의 근활성도에서 유의한 차이를 확인하였고( $p < .05$ ), 사후검정을 실시한 결과 0kg 내밀 운동보다 ABD 10kg 내밀 운동이 더 높은 근활성도를 보였고, ABD 10kg 내밀 운동이 0kg 내밀 운동과 ABD 5kg 내밀 운동보다 더 큰 근활성도를 보였으며, 결론적으로 ABD 10kg 내밀 운동에서 가장 큰 근활성도를 보였다( $p < .01$ ).

수평 벌림 저항의 양이 가장 큰 ABD 10kg에서 큰 활성도를 보인 이유는 첫 번째, 앞톱니근의 해부학적 위치를 볼 때 팔을 30° 벌린 상태에서의 내밀에 대한 외적인 힘의 증가로 인한 근활성도 요구 증가한 것으로 생각된다. 이는 선행연구인 바로 누운 자세에서 어깨뼈 내밀 운동 시 어깨뼈 내밀에 대한 최대 저항이 앞톱니근의 큰 활성도를 보였다는 결과와 일치하며(Yadam, 2017), 외부 저항이 증가된 무릎을 편 상태에서의 푸쉬업 플러스 운동이 무릎을 굽힌 상태에서의 푸쉬업 플러스 운동보다 앞톱니근의 더 큰 활성도를 보였다는 선행 논문 결과와도 일치한다(Park 등, 2014).

두 번째 이유는 수평 벌림에 대한 저항으로 인해 앞톱니근의 협력근이자 수평 벌림 근육인 뒤어깨세모근, 가시위근, 가시아래근과 작은 원근(Neumann, 2009)의 작용으로 앞톱니근의 근활성도 요구가 증가한 것으로 생각된다. 이는 선행연구인 날개어깨뼈를 가진 환자에게 선

**Table 2.**  
Electromyographic Activity of the various muscles groups (n=13)

|       | Resist 0kg               | ADD 5kg     | ADD 10kg     | ABD 5kg     | ABD 10kg    | F      | p    |
|-------|--------------------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------|------|
| SA    | 36.37±15.72 <sup>a</sup> | 45.93±18.48 | 55.21±22.29  | 49.86±22.64 | 61.51±26.53 | 14.059 | .000 |
| UT    | 4.35±2.08                | 3.89±1.43   | 4.59±1.87    | 4.47±2.59   | 4.49±2.10   | .609   | .658 |
| PM    | 24.02±14.46              | 33.73±12.65 | 51.02±22.18  | 14.03±8.08  | 4.98±2.13   | 44.093 | .000 |
| UT/SA | 16.97±19.96              | 10.73±8.44  | 10.03±7.45   | 11.42±11.77 | 9.60±9.26   | 2.782  | .037 |
| PM/SA | 82.69±72.11              | 86.29±51.1  | 108.39±65.83 | 29.78±11.65 | 9.40±4.86   | 15.340 | .000 |

<sup>a</sup>Mean(%MVIC)±SD, by one way repeated analysis of variance, Resist 0kg: Non-weight, ADD 5kg: Adduction resistance 5kg, ADD 10kg: Adduction resistance 10kg, ABD 5kg: Abduction resistance 5kg, ABD10kg: Abduction resistance 10kg, SA: Serratus anterior, UT: Upper trapezius, PM: Pectoralis major, UT/SA: Upper trapezius/Pectoralis major, PM/SA: Pectoralis major/Serratus anterior

자세에서 수평 벌림에 대한 저항 시 앞톱니근의 더 큰 활성화를 보였다는 선행연구 결과와 일치한다(Park 등, 2013).

반대로 큰가슴근은 저항에 따라 감소된 근활성도를 보였으며 유의한 차이가 있었다(p<.05). 사후 검정 결과 ABD 10kg 저항에서 가장 낮은 근활성도를 보였다(p<.01). ABD 10kg 저항에 큰가슴근에서 낮은 근활성도를 보이는 이유는 상호억제 기전으로 설명할 수 있다. 상호억제 기전에 따르면 주동근의 근 방추(muscle spindle)로부터 오는 구심성 흥분이 척수에 있는 억제성 뉴런을 자극하여 길항근에 알파 운동 뉴런을 억제시키게 된다(Stuart, 2007; Leonard, 1998). 따라서 큰가슴근은 수평 벌림에 대한 길항근(Kendall 등, 2005)으로 ABD 10kg 벌림에 대한 수평 벌림근의 작용에 대한 상호 억제의 결과로 근활성도의 감소를 보인 것으로 생각된다. 이는 바로 누운 자세에서 어깨뼈 내밀 운동 시 수평 벌림과 수평 모음에 대한 저항 시 큰가슴근에 대한 유의한 근활성도를 보였다는 선행연구 결과와 일치한다(Jung 등, 2017).

반면 위등세모근의 근활성도는 유의한 차이를 보이지 않았다(p>.05). 본 연구의 운동들은 위등세모근의 중력의 영향이 적은 어깨관절 굽힘 90°도를 유지한 바로 누운 자세에서 수행되었으며, 위등세모근에 직접적인 저항이 적용되지 않아 근활성도의 유의한 변화를 보이지 않은 것으로 생각된다. 이는 선행연구인 바로 누운 자세에서 저항의 양과 어깨관절 굽힘 각도에 따른 어깨뼈 내밀 운동 시 위등세모근의 근활성도는 유의한 변화가 나타나지 않았다는 선행연구의 결과와 일치한다(Yadam, 2017).

위등세모근/앞톱니근의 근활성도 비율 비교에서도 유의한 차이를 보였으나(p<.05), 사후 검정 결과에서는 유의한 차이가 없었다(p<.01). 또한, 큰가슴근/앞톱니근의 근활성도 비율 비교에서도 유의한 차이를 보였으며(p<.05), ABD 10kg에서 가장 낮은 비율을 확인하였다(p<.01).

위등세모근/앞톱니근활성도 비율 비교 결과에 따르면 개별 운동에 대한 효과를 비교하긴 어렵지만 본 연구에서 제시된 운동 방법들이 위등세모근의 활성도를 낮추고 앞톱니근의 활성도를 올릴 수 있는 방법이라 생각 된다.

큰가슴근/앞톱니근의 활성도 비율 비교 결과에 따르면 ABD 10kg 저항 운동이 큰가슴근의 근활성도를 낮추고 앞톱니근의 근활성도를 올릴 수 있는 효율적인 운동이라 할 수 있다. 이는 바로 누운 자세에서 내밀 운동시 위등세모근과 앞톱니근의 근활성도 비율을 비교한 연구에서 위등세모근의 활성도를 줄이고 앞톱니근의 활성도를 증가시켰다는 선행연구와 결과가 일치하며(Koh 등, 2012), 날개 어깨뼈를 가진 대상자들에게 어깨관절 벌림 30도에서 저항을 양을 다르게 내밀 운동 시 높은 저항에서 큰가슴근/앞톱니근의 비율이 유의한 차이가 있었다는 선행연구의 결과와 일치한다(Yadam 2017). 이는 같은 움직임을 할 때 특정 하나의 근육 활성도가 감소하면 같은 움직임을 하기 위해 다른 협력근의 활성도가 증가하였기 때문이라 볼 수 있다(Lim 등, 2016; Farina 등, 2008; Madeleine 등, 2006).

결과적으로 본 연구에서 제시한 바로 누운 자세에서 한 팔을 올리고 어깨 관절 굽힘 90°에서 수평 벌림 30°로 유지한 상태에서 벌림과 외부무게 10kg 저항 이 앞톱니근의 근활성도를 효율적으로 증가시켰으며, 큰가슴근과 위등세모근을 억제시켜 근활성도가 감소를 가져왔다. 이는 단순히 앞톱니근의 강화나 근활성화를 높이는게 아니라, 위등세모근과 큰가슴근의 활성도는 줄이며 앞톱니근의 근활성도를 증가시켜 선택적인 앞톱니근의 활성화를 시킬 수 있는 운동으로 날개 어깨뼈(winging scapular)와 어깨충돌증후군(shoulder impingement syndrome)과 같이 어깨뼈 기능장애에 기인한 앞톱니근의 약화나 어깨 위쪽 돌림근들의 불균형을 해결하기 적절한 운동으로 추천된다.

본 연구의 제한점은 앞톱니근과 위등세모근, 큰가슴근의 근활성도만을 측정하였다. 어깨 안정화에 기여하는 중간등세모근, 아래등세모근, 작은가슴근, 그리고 돌림근띠(rotator cuff) 등에 대한 근전도 결과의 다양성이 부족하며, 본 연구는 평균  $25.84 \pm 2.79$ 세로 비교적 젊은 대상자로 모든 사람에게 일반화하기 어려움이 있다. 따라서 향후 연구에서는 더 많은 대상자와 주위 근육에 대한 다양한 근전도 결과를 활용할 수 있는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## V. 결론

본 연구는 바로 누운 자세에서 어깨관절의 벌림과 모음 저항과 외부무게에 따른 어깨 내밀 운동 수행시 위등세모근, 큰가슴근과 앞톱니근의 근활성도와 비율을 비교하여 효율적인 어깨내밀 운동을 알아보기 위하여 바로 누운 자세에서 한 팔을 올리고 어깨 관절 굽힘  $90^\circ$ 에서 수평 벌림  $30^\circ$ 로 유지한 상태에서 내밀 운동을 실시하였다. 이에 따른 연구 결과는 다음과 같다.

1. 앞톱니근은 저항의 양과 방향에 따른 유의한 근활성도의 차이를 보였으며, ABD 10kg에서 가장 큰 유의한 차이를 보였다.
2. 위등세모근은 유의한 차이를 보이지 않았으며, 큰가슴근은 저항의 양과 방향에 따른 유의한 근활성도를 보였으며 ABD 10kg에서 가장 큰 유의한 차이를 보였다.
3. 위등세모근/앞톱니근 근활성도 비율에서도 유의한 차이를 보였으나 개별운동에 대한 유의한 차이는 보이지 않았다.
4. 큰가슴근/앞톱니근 근활성도 비율에서도 유의한 차이를 보였으며 ABD 10kg에서 가장 큰 유의한 차이를 보였다.

따라서 효과적으로 앞톱니근의 활성화를 유도하기 위해 바로 누운 자세에서 내밀에 대한 저항의 양을 증가시키고 더불어 어깨관절 벌림에 대한 저항을 같이 적용할 경우 다른 협력근의 보상작용을 억제하며 앞톱니근의 선택적 활성화가 가능할 것이라 생각한다.

## 참고문헌

Castelein B, Cagnie B, Parlevliet T, et al. Superficial and deep scapulothoracic muscle electromyographic activity during elevation

exercises in the scapular plane. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2016;46(3):184-193. <https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2016.5927>.

Choung SD, Weon JH, Jung DY. Effect of movement plane and shoulder flexion angle on scapular upward rotator during scapular protraction exercise. *Journal of The Korean Society of Physical medicine.* 2013;8(1):41-48. <https://doi.org/10.13066/kspm.2013.8.1.041>

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. <https://doi:10.1136/bjism.2003.004952>

Cools AM, Witvrouw EE, Mahieu NN, et al. Isokinetic scapular muscle performance in overhead athletes with and without impingement symptoms. *J Athl Train.* 2005;40(2):104-110.

Criswell E. *Cram's introduction to surface electromyography.* Jones and Bartlett Publishers. 2010.

Cram JR, Kasman GS, Holtz J. *Introduction to Surface Electromyography.* Maryland Aspen pub. 1998.

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. <https://doi.org/10.1177/03635465990270061601>

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

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. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2006.08.005>.
- Gooding BWT, Geoghegan JM, Wallace WA, et al. Scapular winging. *Shoulder elbow.* 2014;6(1):4-11. <https://doi.org/10.1111/sae.12033>.
- 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. <https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2006.2306>
- Jo YJ. Analytic Comparison of Trapezius and Serratus anterior Activities Depending on Shoulder Complex Movement. Kroea University. Master Thesis. 2014.
- Jung SH, Hwang UJ, Kim JH, et al. Effects of horizontal shoulder abduction and adduction on the activity and strength of the scapular protractors. *J Electromyogr Kinesiol.* 2017;37:155-159. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2017.10.011>
- Kendall FP, McCreary EK, Provance PG, et al. *Muscles: Testing and Function With Posture and Pain.* 5th ed. Lippincott Williams & Wilkin, Baltimore. 2005.
- Koh EK, Weon JH, Jung DY. The comparison of electromyographic ratio of serratus anterior and upper trapezius according to exercise position and shoulder flexion angle during scapular protraction exercise. *Korean Journal of Sport Biomechanics.* 2012;22(2):193-199. <http://dx.doi.org/10.5103/KJSB.2012.22.2.193>
- Larsen CM, Sogaard K, Eshoj H, et al. Clinical assessment methods for scapular position and function. An inter-rater reliability study. *Physiother Theory Pract.* 2019. <https://doi.org/10.1080/09593985.2019.1579284>
- Leonard CT. *The Neuroscience of Human Movement: Principles of Reflex Action and Motor Control.* 1st ed. Mosby, St Louis. 1998.
- Lim JY, Kim BK, Seo HK. Effects on muscle activities around scapular for wall slide and sling slide exercises in subjects with scapular downward rotation syndrome. *J Korean Acad Orthop Man Physi Ther.* 2016;22(1):51-58.
- 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. <https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.1996.24.2.57>
- 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. <https://doi.org/10.1177/0363546503258911>
- 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>
- Martin RM, Fish DE. Scapular winging: anatomical review, diagnosis, and treatments. *Curr Rev musculoskelet med.* 2008;1(1):1-11.
- McClure PW, Bialker J, Neff N, et al. Shoulder function and 3-dimensional kinematics in people with shoulder impingement syndrome before and after a 6-week exercise program. *Phys ther.* 2004;84(9):832-848. <https://doi.org/10.1093/ptj/84.9.832>
- Neumann DA. *Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundations for rehabilitation.* 2nd

Bae, et al. Comparison of the Serratus Anterior, Upper Trapezius, and Pectoralis Major Muscle Activity According to Horizontal Abduction and Horizontal Adduction Resistance and External Weight During Protraction Exercise

ed. Mosby, St Louis. 2009.

Park KM, Cynn HS, Kwon OY, et al. Comparison of pectoralis major and serratus anterior muscle activities during different push-up plus exercises in subjects with and without scapular winging. *J Strength Cond Res.* 2014;28(9):2546-2551. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000443>.

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. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2012.11.013>

Stuart I. *Human Physiology: Mechanism of Contraction and Neural Control.* 10th ed. McGraw-Hill, New York, 2007.

Yadam BK. *Electromyographic Changes of Pectoralis Major, Serratus Anterior and Upper Trapezius Muscle on Shoulder Abduction Angle during Scapular Protraction in Subject with Winged Scapula.* Deagu University. Master Thesis. 2017.

논문접수일(Date received) : 2021년 11월 04일

논문수정일(Date Revised) : 2021년 11월 13일

논문게재확정일(Date Accepted) : 2021년 12월 08일