



# 대한물리치료과학회지

Journal of Korean Physical Therapy Science  
2026. 03. Vol. 33, No.1 pp. 67-74

## 어깨 내밀 운동 시 어깨 수평 벌림 각도에 따른 앞톱니근, 큰가슴근, 위등세모근의 근 활성화도 비교

장정재<sup>1</sup> · 이동건<sup>2</sup> · 김치환<sup>3</sup>

<sup>1</sup>경남대학교 물리치료학과 · <sup>2</sup>신세계요양병원 재활치료부 · <sup>3</sup>가야대학교 물리치료학과

### Comparison of muscle activation in serratus anterior, pectoralis major, and upper trapezius muscles based on shoulder horizontal abduction angle during shoulder protraction exercise

Jang JungJae<sup>1</sup>, M.Sc., P.T · Dong Geon Lee<sup>2</sup>, Ph.D., P.T · Kim ChiHwan<sup>3</sup>, Ph.D., P.T

<sup>1</sup>Dept. of physical therapy, Kyungnam University

<sup>2</sup>Dept. of rehabilitation, Shinsegae Geriatric Hospital

<sup>3</sup>Dept. of physical therapy, Kaya University

#### Abstract

**Background:** The purpose of this study was to investigate the influence of gravity on muscle activation according to different shoulder abduction angles. Specifically, the study aimed to examine how varying angles of the arm affect activation patterns of The Serratus Anterior(SA), Pectoralis Major(PM), and Upper Trapezius(UT) muscles during exercise.

**Design:** Cross-sectional research design

**Methods:** The participants of this study were comprised of healthy individuals in their twenties. Muscle activation of SA, PM, and UT muscles was compared at three different shoulder abduction angles (0°, 20°, and 40°). Data were analyzed using a repeated-measures ANOVA, with the Bonferroni method applied for post hoc comparisons. The Friedman test and Wilcoxon signed-rank test (for post hoc analysis) were applied to data that did not follow a normal distribution or satisfy sphericity. Statistical significance was defined as  $p < .05$ .

**Results:** SA showed a progressive decrease with increasing angles( $p < .05$ ), with significant differences

among all angle comparisons( $p < .05$ ). PM showed greater activation as the angle increased( $p < .05$ ), post-hoc analysis revealed no significant difference between 0° and 20°( $p > .05$ ), but significant differences were found between 0°-40° and 20°-40°( $p < .05$ ). UT showed a gradual decrease at higher angles( $p < .05$ ), post-hoc analysis revealed no significant difference between 0° and 20°( $p > .05$ ), but significant differences were found between 0°-40° and 20°-40° ( $p < .05$ ).

**Conclusion:** These findings suggest that shoulder abduction angle has a significant effect on muscle activation patterns. Proper selection of exercise angle may enhance the efficiency of training, allowing for targeted strengthening of The SA, PM, and UT according to specific rehabilitation or performance goals.

**Key words:** Scapular protraction, Shoulder joint, Shoulder stability

#### 교신저자

김치환

50830 경남 김해시 삼계로 208 가야대학교 가락관 5층 1522호

T: 055-344-5295 E: ace1521@naver.com

## 1. 서론

어깨 복합체(shoulder complex)는 어깨뼈(scapula), 위팔뼈(humerus), 복장뼈(sternum & ribs), 빗장뼈(clavicle)로 구성된 네 개의 상호 연관된 관절군이다. 이 관절군은 어깨관절(glenohumeral joint), 어깨가슴관절(scapulothoracic joint), 봉우리빗장관절(acromioclavicular joint), 복장빗장관절(sternoclavicular joint) 등이 모여, 광범위한 상지 운동 범위를 제공한다(Neumann, 2017). 이러한 구조는 물체를 집거나 들어 올리는 등의 복잡한 움직임을 가능하게 하지만, 동시에 안정성이 저하되기 쉬운 특징을 가진다. 따라서 어깨뼈 안정화(scapular stabilization)는 어깨관절 기능 유지와 손상 예방에 필수적이다(Kibler, 1998).

어깨뼈 안정화를 담당하는 대표적인 근육인 앞톱니근(serratus anterior)은 어깨뼈를 흉곽에 고정하고 위쪽돌림(upward rotation)과 내밌음(protraction)을 유도하여 어깨관절 움직임의 기초를 형성한다(Escamilla 등, 2009). 위등세모근(upper trapezius)과 아래등세모근(lower trapezius)은 앞톱니근과 함께 짝힘(force couple)을 이루어 어깨뼈의 위쪽돌림을 돕고, 큰가슴근(pectoralis major)은 주로 어깨관절의 수평 내전(horizontal adduction)과 굴곡(flexion)에 관여한다. 그러나 어깨 운동 시 근육 간 활성 비율의 불균형이 발생하면, 앞톱니근의 선택적 강화가 어려워지고 어깨뼈 운동학이 변형될 수 있다(Wickham 등, 2010).

어깨관절의 안정화를 위해, 앞톱니근 강화는 필수이며, 다양한 선행 연구들에서 보고되어 지고 있다. 푸시업 플러스(push-up plus)는 어깨뼈내밌음 구간에서 앞톱니근 활성도가 매우 높아 대표적인 선택적 강화 운동으로 알려져 있으며(Ekstrom 등, 2003), 무릎대기 변형이나 경사면 적용으로 난이도를 조절하며 실행할 수 있다. 다이내믹 허그(dynamic hug)는 탄력밴드나 케이블을 이용해 팔을 벌린 상태에서 안아주는 동작으로, 큰가슴근 개입을 최소화하면서 앞톱니근을 활성화하는 데 효과적이다(Ludewig 등, 2004). 그리고, 월 슬라이드(wall slide)는 벽을 이용해 팔을 위로 미끄러뜨리면서 어깨뼈 위쪽 돌림을 유도하여 앞톱니근과 아래등세모근을 함께 강화할 수 있다(Hardwick 등, 2006). 또한 가벼운 소도구인 세라밴드를 사용하여, 어깨뼈내밌음 운동시 부하를 쉽게 조절할 수 있어 초기 재활이나 노인에게 적합하며, 앞톱니근 선택성을 높일 수 있다(Cools 등, 2007).

앞톱니근을 강화하는 운동으로 가볍게 사용할 수 있는 방법으로 어깨 내밌음 운동(shoulder protraction)이 있다. 이 방법은 앞톱니근을 선택적으로 활성화할 수 있는 대표적인 방법으로, 닫힌 사슬(closed-chain)과 열린 사슬(open-chain) 형태 모두에서 적용된다(Park 등, 2013). 열린 사슬 운동 중 바로누운(supine) 자세에서의 내밌음은 앞톱니근 활성에 효과적인 것으로 보고되었으며(Kim과 Park, 2019), 특히 어깨 벌림 각도에 따라 근활성 패턴이 달라지는 것으로 알려져 있다. 기존 연구들은 주로 0°, 30°, 60°, 90°와 같은 넓은 간격의 각도를 설정하여 앞톱니근·큰가슴근·세모근 활성도를 비교했다. 그러나 벌림 각도가 커질수록 팔의 질량 중심이 수평으로 이동하며, 중력 토크가  $\sin\theta$  함수에 비례하여 증가하므로(Hall, 2021), 큰가슴근이 중력 보상 작용을 하면서 앞톱니근의 상대적 활성 비율이 감소할 가능성이 있다(Hall, 2021).

특히, 근력이 약한 경우 45° 이상의 벌림 각도는 어깨 거상 시 불필요한 큰가슴근 개입과 잘못된 자세를 유발할 수 있으며, 이는 앞톱니근의 순수 활성화를 방해한다. 따라서, 중력의 영향을 최소화하고 앞톱니근의 선택적 동원을 유도하기 위해서는 벌림 각도를 보다 세밀하게 조정할 필요가 있다(Kim과 Park, 2019).

따라서, 본 연구에서는 바로누운 자세에서 중력이 최소화되는 어깨 내밌음 운동을 수행하려고 할 때, 0°, 20°, 40°의 수평 벌림 각도에서 앞톱니근, 큰가슴근, 위등세모근의 근활성도를 비교하여, 어깨 기능 저하 환자를 위한 안전하고 효과적인 앞톱니근 강화 운동 프로그램 설계에 기초자료로 활용될 수 있도록 분석하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구는 K대학교에 재학 중인 남학생 26명을 대상으로 실시하였다. 모든 대상자는 본 연구에서 발생하는 모든 과정에 해서 충분한 설명을 듣고 이해한 후, 자발적으로 연구 참여에 동의한 대상자들을 대상으로 실시하였다. 대상자 선정 기준은 다음과 같다. 첫째, 정적 기립 자세에서 날개어깨뼈 증상이 없는 자. 둘째, 최근 6개월 이내에 앞톱니근을 포함한 어깨 주변 근육 운동 경험이 없는 자. 셋째, 어깨뼈 움직임에 이상이 없는 자. 넷째, 팔꿈치 관절에 이상이 없는 자로 제한하였다(BadamKhorl 등, 2019).

### 2. 실험 장비

#### 1) 관절 각도계(Goniometer)

본 연구의 운동 방법인 바로 누운 자세에서 시행하는 어깨뼈 내밀 운동 시 어깨의 굽힘(flexion)과 벌림(abduction) 각도를 측정하기 위하여 관절 각도계를 사용하였다. 고니오메타는 임상 및 연구에서 관절의 가동범위(range of motion, ROM)를 측정하는 가장 일반적이고 신뢰도 높은 도구로, 어깨 관절 운동 평가에 널리 사용되고 있다(Hayes 등, 2001)

#### 2) 표면 근전도(Surface Electromyography, sEMG)

어깨뼈 내밀 운동 시 나타나는 근전도 신호를 측정하기 위하여 표면 근전도(surface EMG)를 사용하였다. 전극 부착 전, 부착 부위의 정확한 신호 측정을 위하여 피부 저항을 최소화하는 준비 과정을 시행하였다. 구체적으로, 해당 부위의 체모를 면도한 후, 가는 사포를 이용하여 각질층을 제거하였으며, 소독용 알코올 솜으로 지방 성분을 닦아내어 전극과 피부 간의 접촉 저항을 감소시켰다. 근육별 전극 부착 부위는 다음과 같다.

앞톱니근(serratus anterior): 어깨를 90° 굽힌 자세에서 4~6번째 갈비뼈와 어깨뼈 아래각(inferior angle)이 만나는 지점의 앞겨드랑이(axillary) 부위, 넓은등근(latissimus dorsi) 앞쪽 영역에 부착하였다. 큰가슴근(pectoralis major, clavicular portion): 빗장뼈(clavicle) 하방 약 4~5cm 지점에서 겨드랑이 주름(axillary fold)을 기준으로 안쪽 2cm 부위에 위치시켰으며, 해당 부위의 수축 시 뚜렷하게 돌출되는 근육(belly)을 확인한 후 부착하였다. 위등세모근(upper trapezius): 제7번 목뼈 가시돌기(C7 spinous process)와 어깨뼈 봉우리(acromion)를 잇는 가상의 선 중간 지점에 부착하였다(Kendall 등, 1994).

이러한 전극 부착 방법은 선행연구에서 제시된 기준에 따라 적용되었으며, 어깨 주변 근육의 근전도 측정 시 신뢰성 및 타당성 검증된 방법으로 알려져 있다(Cools 등, 2007). 수집된 근전도의 신호를 디지털 신호로 변경하여, Myoresearch XP 1.08 프로그램으로 필터링하였다. 표본추출(sampling data)은 1,000 Hz, 필터(band-pass filter)는 45~450Hz, 잡음(Noise) 제거를 위하여 필터(notch filter) 60Hz를 이용하였다. 근육별 최대 수축 자세(maximal voluntary isometric contraction; MVIC)는 Kendall 등(1994)의 연구를 참고하였다(Kendall 등, 1994).

### 3. 실험 방법

먼저 연습을 통하여, 지정된 운동을 대상자들이 운동을 잘 수행할 수 있도록 하였다. 근육의 최대 길이 수축은 시작과 마지막 1초를 제외한 가운데 3초의 값을 적용하여, 3회 측정된 값들의 평균을 채택하였고, 한번 측정이 후 피로도를 줄이기 위한 휴식 시간을 5분 정도 제공하였다. 본 연구의 결과 값들은 해당 근육이 최대 수축치 대비 어느 정도 사용되는지를 백분율(Percentage of Maximal Voluntary Isometric Contraction, %MVIC)로 정규화하였다(BadamKhorl 등, 2019). 또한, 표면 근전도로 실험 결과 값을 측정한 위등세모근 간, 앞톱니근, 큰가슴근 간의 근활성도의 효율을 비교하기 위하여 큰가슴근과 앞톱니근 그리고 위등세모근과 앞톱니근과의 비율을 비교하였다.

대상자들은 바로 누운 자세를 취하고 위로 팔꿈치를 쭉 편 상태에서 측정 팔을 올려 어깨관절 굽힘을 90° 유지한 자세를 기본 자세로 교육을 실시하였다. 그리고 기본 자세에서 어깨 벌림 각도를 0°, 20°, 40°를 관절 각도계를 이용하여 변경한 상태에서 어깨 내밀 운동(BadamKhorl 등, 2019)을 시행하였다(Figure 1). 어깨 벌림 각도는 표준 관절 각도계를 사용하였으며, 대상자는 바로 누운 자세에서 어깨를 90° 굽힘 상태에서 팔꿈치는 편상태로 관절 각도계의 기준을 고정팔은 어깨뼈 봉우리(acromion) 위쪽에 맞추어 각도의 변화를 주었다. 이동팔을 위팔뼈의 중심선에 일치시킨 후 천천히 바깥쪽으로 이동시켰다. 모든 각도는 동일 연구자가 수행하여 측정자 내 신뢰도를 확보하였다(Riddle 등, 1987)(Figure 1). 어깨 내밀 운동은 모래주머니를 찬 주먹을 각도별로 내밀을 할 때 어깨뼈 움직임 외에 다른 움직임이 없는 최대한 내밀을 실시하도록 하였으며, 근활성화를 위해 손에 2kg 모래 주머니를 착용한 후 각 각도에 따라 어깨 내밀 운동을 시행하였다(BadamKhorl 등, 2019).

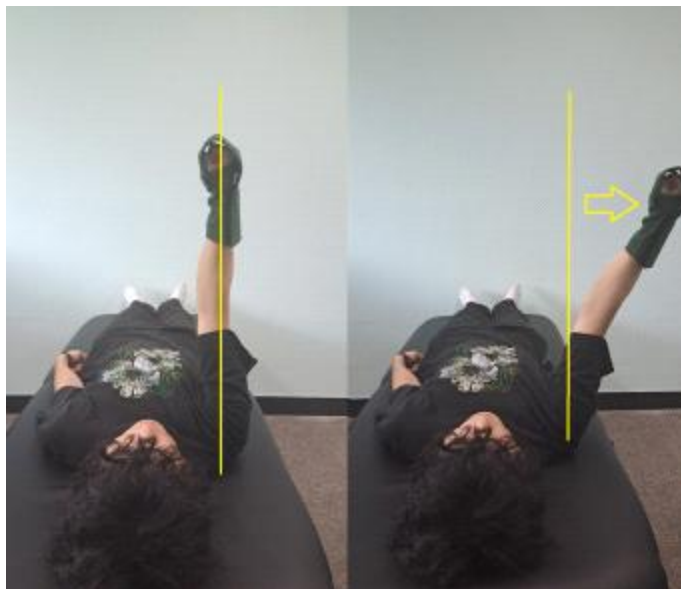


Figure 1. After instruction in the supine position with 0° as the baseline, the experiment was conducted following angle modifications

### 4. 분석 방법

본 연구에서는 26명의 피험자를 대상으로 어깨 내밀 운동 시 어깨 수평 벌림 각도(0도, 20도, 40도)에 따른 근활성도 차이를 비교하기 위하여 반복측정 분산분석(Repeated Measures ANOVA)을 실시하였다. 자료 분석에는 SPSS 18.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 한글판을 사용하였다. 우선 각 조건별 측정값에 대해 정규성 검정(Shapiro-Wilk test)을 실시하여 정규분포 여부를 확인하였으며, 구형성 가정(Mauchly's Test of Sphericity)을 검정하였다. 사후검

정으로는 본페로니 검정(Bonferroni test)을 사용하였으며, 정규성 및 구형성 가정을 충족하지 못하는 데이터는 비모수 통계인 프리어드만 검정(Friedman test)을 사용하였고, 사후검정으로는 윌콕슨 부호순위 검정(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. 모든 통계 분석의 유의수준은  $p < 0.05$ 로 설정하였다.

### III. 연구결과

#### 1. 연구대상자의 일반적인 특성

본 연구는 총 26명으로 건강한 성인 남성으로 구성되었다. 평균연령은  $22 \pm 1.21$ 세이다. 평균 신장은  $171 \pm 8.15$ cm이고, 평균 체중은  $68 \pm 13.72$ kg이다(Table 1).

Table 1 General characteristics of subject ( $n=26$ )

Parameters	Subject
Age(years)	$22 \pm 1.21^{\dagger}$
Height(cm)	$171 \pm 8.15$
Weight(kg)	$68 \pm 13.72$

<sup>†</sup>Values are presented as Mean  $\pm$  standard deviation

#### 2. 어깨 수평 벌림 각도에 따른 근육별 근 활성화도 변화

어깨 수평 벌림 각도( $0^{\circ}$ ,  $20^{\circ}$ ,  $40^{\circ}$ )에 따른 근활성도의 변화를 비교 및 분석한 결과는 (Table 2)와 같다.

앞톱니근(Serratus anterior)은 각도가 증가할수록 근육의 활성화는 점차 감소하는 경향을 보였다( $p < .05$ ). 각도 별로 비교한 사후 검정에서도  $0^{\circ}$ 와  $20^{\circ}$  사이,  $0^{\circ}$ 와  $40^{\circ}$  사이,  $20^{\circ}$ 와  $40^{\circ}$  비교에서 모두 유의한 변화가 있는 것으로 나타났다( $p < .05$ ).

큰가슴근(Pectoralis major)은 각도가 커질수록 근육 활성화는 점차 증가하는 경향을 보였다( $p < .05$ ). 각도 별로 비교한 사후 검정에서는  $0^{\circ}$ 와  $20^{\circ}$  사이에는 유의한 차이가 없었으나( $p > .05$ ),  $0^{\circ}$ 와  $40^{\circ}$  사이,  $20^{\circ}$ 와  $40^{\circ}$  비교에서는 유의한 변화가 있는 것으로 나타났다( $p < .05$ ).

위등세모근(Upper trapezius)은 각도가 증가할수록 근육의 활성화는 점차 감소하는 경향을 보였다( $p < .05$ ). 각도 별로 비교한 사후 검정에서는  $0^{\circ}$ 와  $20^{\circ}$  사이에는 유의한 변화가 없었으나( $p > .05$ ),  $0^{\circ}$ 와  $40^{\circ}$  사이,  $20^{\circ}$ 와  $40^{\circ}$  비교에서는 유의한 변화가 있는 것으로 나타났다( $p < .05$ ).

Table 2 Comparison of the degree of activation of muscle groups according to angles

Muscle Activation	Angles of Shoulder Abduction			F/ $\chi^2$	p
	0°	20°	40°		
Serratus Anterior	81.45±30.39 <sup>†</sup>	71.60±30.13 <sup>**</sup>	62.26±21.99 <sup>***,*</sup> ***	180.963	0.000*
Pectorallis Major	14.48±7.64	16.39±7.08	25.04±15.52 <sup>***,*</sup> ***	25.462	0.000*
Upper Trapezius	14.75±13.13	13.81±14.09	8.13±5.85 <sup>***,****</sup>	17.154	0.000*

\* $p < .05$ , <sup>†</sup>Values are presented as Mean±standard deviation, significant differences between three condition; <sup>\*\*</sup> $p < .05$ , Post hoc test between 0° and 20°; <sup>\*\*\*</sup> $p < .05$ , Post hoc test between 0° and 40°; <sup>\*\*\*\*</sup> $p < .05$ , Post hoc test between 20° and 40°.

#### IV. 고 찰

본 연구는 신체에 이상이 없는 20대 성인을 대상으로 어깨 내밀 운동을 바로 누운자세에서 기본적으로 수행할 때, 어깨 벌림 각도(0°, 20°, 40°)에 따른 압톱니근, 위등세모근, 큰가슴근의 근활성도 변화를 비교함으로써 압톱니근을 활성화하는 데 보다 효과적인 각도를 규명하고자 하였다. 연구 결과, 각 근육은 각도 변화에 따라 상이한 활성 패턴을 나타냈다. 압톱니근은 각도가 증가할수록 근활성도가 유의하게 감소하여 0° 대비 20°에서 약 12%, 40°에서 약 19% 낮아졌으며, 전체 근활성도 내 비율 역시 0°에서 81.45%였던 것이 40°에서는 62.26%로 감소하였다. 반면, 큰가슴근은 각도가 증가함에 따라 활성도가 뚜렷하게 증가하여 0° 대비 20°에서 약 2%, 40°에서는 약 12% 상승하였고, 전체 비율 또한 0°에서 14.48%에서 40°에는 25.04%로 크게 확대되었다. 위등세모근은 20°에서는 큰 변화가 없었으나 40°에서 약 8% 감소하였으며, 전체 비율 역시 0°에서 14.75%에서 40°에는 8.13%로 낮아져 높은 각도에서의 기여가 억제되는 양상을 보였다. 이러한 결과는 단순한 해부학적 근기능 차이를 넘어, 팔의 위치 변화에 따른 중력 토크의 변동이 근육 활성 패턴에 중요한 영향을 미친다는 점을 보여주며, 어깨 내밀 운동 시 압톱니근의 선택적 강화를 위해서는 낮은 각도의 적용이 효과적임을 시사한다.

압톱니근은 어깨뼈 내밀과 위쪽 돌림에 핵심적인 역할을 하는 근육으로, 낮은 각도(0°)에서 가장 높은 활성도를 보였다. 이는 Kim과 Park(2019)의 연구 결과와 유사하며, 팔이 벌어질수록 압톱니근의 선택적 활성 비율이 낮아지고 큰가슴근의 개입이 증가한다는 보고와 일치한다. 특히 Hall(2021)의 생체역학적 설명에 따르면, 팔의 무게중심이 벌어짐에 따라 중력 모멘트가  $\sin\theta$ 에 비례하여 증가하며, 이때 큰가슴근의 보상 작용으로 압톱니근의 기여도가 상대적으로 감소하는 것으로 해석할 수 있다.

큰가슴근은 각도가 증가할수록 근활성도가 증가하였는데, 이는 Ludwig 등(2004)의 연구에서 팔이 벌어진 상태의 운동에서 큰가슴근 개입이 증가한다는 결과와 유사하다. 또한 Ekstrom 등(2003)도 푸시업 플러스와 같은 어깨뼈안정화 운동에서 팔의 위치가 큰가슴근 활성화에 큰 차이를 만든다고 보고하였다. 따라서 큰가슴근은 각도가 커질수록 중력에 대항하는 주요 보상근으로 작용한다고 할 수 있다.

위등세모근은 각도가 커질수록 근활성도가 감소하는 양상을 보였는데, 이는 Cools 등(2007)의 연구에서 특정 운동에서 위등세모근이 억제되는 패턴과 유사하다. 또한 Hardwick 등(2006)은 월 슬라이드와 같은 운동에서 압톱니근과

아래등세모근의 활성화는 높아지지만, 위등세모근의 과도한 활성화는 줄어든다고 보고한 바 있다. 본 연구에서도 각도가 증가하면서 큰가슴근의 개입이 커짐에 따라 위등세모근의 역할이 줄어드는 경향이 나타났다.

그리고, 3근육의 상대적인 비율 움직임은 중력에 대응하여, 근육이 활성화되는 것의 가이드라인으로 삼을 수 있다. 앞톱니근은 전체 근활성도 내 비율이 0°에서 81.45% → 40°에서 62.26%로 약 19% 감소하였다. 반대로 큰가슴근은 14.48% → 25.04%로 약 12% 증가하였고, 위등세모근은 14.75% → 7.13%로 약 8% 감소하였다. 이러한 비율 변화는 Olesh 등(2017)이 보고한 결과와 유사하다. Olesh 등은 상지 움직임에서 근활성도의 약 40~50%가 중력 토크에 의해 결정된다고 하였으며, 특히, 어깨관절 운동은 관절 각도가 커질수록 중력 성분이 차지하는 영향이 타관절에 비해 비율이 증가함을 확인하였다. 따라서, 임상적으로 앞톱니근 약화 환자나 노인의 경우 낮은 각도의 내밀 운동을 적용하는 것이 안전하고 효과적이며, 반대로 큰가슴근 강화가 필요한 경우에는 큰 각도의 운동을 선택할 수 있다. 이러한 결과는 Ekstrom 등(2003), Kim과 Park(2019)의 연구 결과와도 비슷한 결과를 가진다. 하지만, 40도 이상의 과도한 수평 외전은 어깨 안정근인 앞톱니근의 활성화를 기대하기보다, 큰가슴근의 강화로 보는 것이 더 효율적일 것이다.

하지만, 본연구에서는 다음과 같은 제한점을 가지고 있다. 첫째, 연구 대상이 20대 건강한 남성으로만 한정되어 있어 성별·연령·질환 유무에 따른 일반화가 어렵다. 둘째, 본 연구에서 사용한 어깨 각도는 0°, 20°, 40°에 국한되었으며, 60°이상 더 큰 각도에서의 근활성도 변화는 검증하지 못하였다. 셋째, 표면 근전도는 심부근육의 활성도를 정확히 반영하지 못한다는 한계가 있다. 그리고, 기본 중력 상태에서는 근육의 활성화가 낮아, 모래주머니 2kg을 착용한 상태에서 근활성화를 측정할 역시 제한점으로 남아 있다. 추후 연구에서는 이런 문제점을 개선한 연구가 필요할 것이다.

## V. 결론

본 연구에서는 어깨 내밀 운동 시 어깨 수평 벌림 각도의 변화가 근육 활성화에 유의한 영향을 미친다는 사실을 확인하였다. 앞톱니근은 각도가 증가할수록 활성화도가 감소하였으며, 큰가슴근은 증가, 위등세모근은 감소하는 패턴을 나타냈다. 이러한 결과는 어깨 재활 및 안정화 운동에서 중력의 영향을 고려한 적절한 각도 선택이 필수적임을 시사한다. 특히, 근력 약화 등의 문제로 인한 어깨 기능저하는 가진 대상자들에게 20도 이하의 바로누운 자세에서 어깨 내밀 운동을 적용할 경우, 어깨 안정화 근육인 앞톱니근의 활성화를 촉진할 수 있어 임상적으로 다양하게 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- Badamkhorl Y, Kim TH, Park HK. 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. *Phys Ther Korea*. 2019;26(3):1-10.
- 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.
- 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.
- 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.

- Hall SJ. Basic biomechanics. 9th ed. New York: McGraw-Hill; 2021.p.198-205.
- 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.
- Hayes K, Walton JR, Szomor ZL, et al. Reliability of five methods for assessing shoulder range of motion. *Aust J Physiother* 2001;47(4):289-294.
- Kendall FP, McCreary EK, Provance PG. Muscles, testing and function. 4th ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1994.p.265-98.
- Kibler WB. The role of the scapula in athletic shoulder function. *Am J Sports Med* 1998;26(2):325-337.
- Kim J, Park S. Effects on the activity and ratio of the serratus anterior, pectoralis major, and upper trapezius muscles according to the abduction angle and external weight during shoulder protraction in subjects with winged scapula. *Korean J Prof Phys Ther* 2019;26(3):1-10.
- 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.
- Neumann DA. Kinesiology of the musculoskeletal system: Foundations for rehabilitation. 3rd ed. St. Louis: Elsevier; 2017.p.117-21.
- Olesh EV, Pollard BS, Gritsenko V. Gravitational and dynamic components of muscle torque in reach movements. *Front Hum Neurosci*. 2017;11:474.
- Park SY, Yoo WG, Lee MM. Effects of isometric horizontal abduction on the activity of the scapular protractor muscles during the push-up plus exercise. *J Electromyogr Kinesiol* 2013;23(6):1386-1390.
- Riddle DL, Rothstein JM, Lamb RL. Goniometric reliability in a clinical setting: shoulder measurements. *Phys Ther*. 1987;67(5):668-673.
- Wickham JB, Brown JMM. Shoulder muscle recruitment patterns during commonly used rehabilitation exercises. *Man Ther* 2010;15(6):543-549.
-