앉은 자세에서 불안정한 접촉면을 이용한 어깨뼈 내밀 운동이 위 그리고 아래 앞톱니근 활성화에 미치는 영향

장태진^{1,2}, 황병훈^{1,2}, 전인철^{1,2}¹호서대학교 생명보건대학 물리치료학과, ²호서대학교 스마트 헬스케어 융복합 연구센터

The Effects of Muscle Activation of Upper and Lower Serratus Anterior During Scapular Protraction Exercises With Unstable Surface in Sitting Position

Tae-Jin Jang^{1,2}, PT, Byeong-Hun Hwang^{1,2}, PT, In-Cheol Jeon^{1,2}, PhD¹Department of Physical Therapy, College of Life and Health Science, Hoseo University, ²Smart Healthcare Convergence Research Center, Hoseo University, Asan, Korea

Article Info

Received June 29, 2021

Revised July 12, 2021

Accepted July 13, 2021

Corresponding Author

In-Cheol Jeon

E-mail: jeon6984@hoseo.edu

<https://orcid.org/0000-0002-6549-6866>

Key Words

Lower serratus anterior

Muscle activity

Scapular protraction

Self-resistance

Upper serratus anterior

Background: The scapulo-thoracic musculatures including serratus anterior (SA), upper trapezius and lower trapezius can provide shoulder stability and functional shoulder movement.**Objects:** The muscle activities of upper and lower SA were compared during three different scapular protraction exercises in healthy individuals in sitting position.**Methods:** Twenty-five healthy subjects were participated. Electromyography device was used to measure muscle activity of upper and lower SA and trapezius muscles. Each subject was asked to perform three different scapular protraction exercises (scapular protraction [SP], SP with self-resistance [SPSR], SPSR with hand-exerciser [SPSRH]) in random order. One-way repeated measures analysis of the variance and a Bonferroni post hoc test were used.**Results:** The muscle activity of lower SA muscle was significantly different among three conditions (SP vs. SPSR vs. SPSRH) ($p < 0.01$). The lower SA muscle activity was significantly greater during SPSRH compared to SP and SPSR, which required joint stability more than SP and SPSR ($p < 0.01$).**Conclusion:** SPSRH exercise can be recommended to facilitate the muscle activity of lower SA. In addition, the intramuscular variation in the upper and lower SA during scapular protraction exercise is required to consider the effective rehabilitation.

INTRODUCTION

앞톱니근의 충분한 근활성도는 정상적인 어깨뼈 안정화와 움직임에 기여한다[1-3]. 어깨뼈에 붙어있는 근육들 중에서 특히 앞톱니근의 감소된 근활성도는 어깨뼈의 움직임을 변화시켜 어깨 통증을 야기시킨다[4]. 앞톱니근의 약화는 움직임을 지연시키며, 어깨뼈 운동이상증이 발생하는 원인 중 하나이다[5,6]. 따라서 어깨뼈 내밀 운동은 앞톱니근이 약한 사람들에게 강화운동을 위해 제안되어 왔다[4-7]. 이전 연구들은 어깨뼈 내밀 운동이 앞톱니근의 근활성도를 향상시킨다는 것을 보고했다[1,4]. 특히 선행연구들을 보면 어깨뼈의 완전한 내밀을 포함하는 푸쉬업 플러스는 위등세모근 활성을 최소화하면서 앞톱니근 활성화를 증

가시킬 수 있기 때문에 기존의 푸쉬업보다 더 효과적인 운동으로 밝혀졌다[3,7].

일반적으로, 앞톱니근의 근활성도를 증가시키기 위한 많은 선행연구들은 넓은등근이 겹치는 것을 피해서 겨드랑이 바로 아래, 5번째 갈비뼈 위치에 전극을 부착하여 앞톱니근의 근활성도를 측정하였다[8,9]. 다른 선행연구에서는, 앞톱니근의 근활성도 측정을 위한 전극을 6번째 갈비뼈에서부터 8번째 갈비뼈에 부착하였다[10,11]. 또한, 위앞톱니근과 아래앞톱니근을 나눠서 근활성도를 측정하기 위해 겨드랑이 바로 아래, 5번째와 7번째 갈비뼈 위치에 각각 전극을 부착한 선행 연구도 진행되었다[3]. Inman 등[12]의 연구에 따르면, 아래앞톱니근은 특히, 아래등세모근과 같이 짝힘 메커니즘(force-coupled mechanism)

을 위해 어깨뼈의 아래각(inferior angle)에 안정화 역할을 한다고 밝혔다. 따라서, 어깨뼈의 안정화와 정상적인 움직임은 앞톱니근뿐만 아니라 등세모근이 활성화되면서 서로 영향을 주고 받는다[13].

많은 선행연구들은 앞톱니근의 근활성화 증가를 촉진하기 위해 어깨뼈 내밀 운동의 끝 자세에서 불안정한 면에 접촉시켜 운동하는 것을 제안했다[1,3,7]. 어깨뼈 내밀 운동 중 불안정한 면에 접촉시켜서 수행하는 것이 어깨뼈의 움직임 조절과 고유수용성 관절수용기(proprioceptive joint receptors)를 자극함으로써, 신경과 근육 활성의 큰 회복을 가져올 수 있다고 밝혀졌다[3]. 또한 불안정한 접촉면을 이용한 어깨뼈 내밀 운동은 안정된 상태보다 앞톱니근 활성화를 더 증가시켰다[1,3,14].

반면, Lehman 등[8]은 어깨뼈 내밀 운동을 안정적인 면과 불안정한 면에서 수행했을 때 앞톱니근 근활성도 차이는 크지 않고, 오히려 운동 부하 증가에 영향을 더 많이 받는다고 보고했다. 접촉면의 불안정성에 대한 연구결과가 일관성 없고 논란이 되는 이유는 이전 연구에서 푸쉬업 플러스가 닫힌 사슬 운동으로써 어깨뼈 내밀 운동으로 사용되었고, 앞톱니근의 한 부위에서 국소적으로 근활성도 분석이 이뤄졌기 때문으로 보여진다. 푸쉬업 플러스 운동을 수행하는 동안 어깨뼈 내밀의 저항은 체중에 비례한다. 푸쉬업 플러스와 같이 엮인 상태에서 체중을 저항으로 이용하는 것은 어깨뼈 내밀에 과도한 저항으로 작용할 수 있기 때문에 어깨뼈 주변 근육들의 높은 동시 활성이 발생하는 것으로 보고되어 왔다[7,15].

따라서 앞톱니근 활성화를 위해 불안정한 접촉면을 이용한 어깨뼈 내밀 운동 효과를 결정하기 위해 조절 가능한 저항이 주어져야 한다. Jung 등[16]은 자가 저항을 이용한 어깨뼈 내밀 운동을 제시함으로써 저항 자체에 스스로 조절할 수 있는 방법을 고안했다. 하지만 지금까지의 연구동향을 보면 열린 사슬 운동으로써 불안정한 면에 접촉시켜 자가 저항을 제공했을 때 어깨뼈 내밀 운동(scapular protraction with self-resistance with hand-exerciser, SPSRH)을 수행하는 것이 일반적인 어깨뼈 내밀 운동(scapular protraction, SP)과 자가 저항을 제공한 어깨뼈 내밀 운동(scapular protraction with self-resistance, SPSR)을 수행하면서, 위앞톱니근과 아래앞톱니근의 근활성도를 구분하여 조사한 연구는 없었다.

본 연구의 목적은 앉은 자세에서 불안정한 접촉면을 이용해 어깨뼈 내밀 운동을 수행했을 때 위앞톱니근과 아래앞톱니근의 근활성도에 미치는 영향을 조사하는 것이다. 연구가설은 SPSRH 운동이 SP 운동과 SPSR 운동에 비해 어깨뼈의 안정화를 증가시키기 위해 아래앞톱니근 근활성도가 더 크게 증가될 것으로 설정하였다.

MATERIALS AND METHODS

1. 연구대상

연구참여자는 건강한 남성 25명을 대상으로 하였다(나이 = 23.4 ± 4.7 세, 신장 = 169.7 ± 8.7 cm, 체중 = 61.7 ± 7.5 kg). 선정기준은

어깨뼈 내밀 운동을 수행하면서 통증이 없는 자로 선정하였다. 제외 기준은 1) 어깨나 팔꿈치 수술의 과거 병력, 2) 신경근 또는 골격근 질환, 3) 어깨나 팔꿈치 관절의 통증이 존재할 경우 제외하였다. 실험 프로토콜은 모든 연구참여자에게 자세히 설명되었으며 각 연구참여자는 사전 서면 동의를 받았다.

2. 측정방법 및 도구

1) 근활성도

EMG-feedback (TeleMyo 2400T; Noraxon, Scottsdale, AZ, USA) 장비를 이용하여 근활성도를 측정을 하였다. 어깨관절에 위 그리고 아래 앞톱니근과 등세모근의 근활성도를 분석하기 위해 전용 측정 프로그램을 사용하였다. 대역통과필터(20–450 Hz), 여파필터(60 Hz) 그리고 표본추출률(1,024 Hz)로 설정하였다. 모든 근활성도 데이터는 50 ms (moving window)인 root mean square를 사용하여 신호를 처리했다. 전극 배치 전, 피부 저항을 줄이기 위해 부착 부위를 면도했다. 그 후 알코올 솜을 사용하여 피부를 정리했다. 해당 부위에 일회용 Ag/AgCl 표면 전극을 적용하였다. Rainoldi 등[17]의 가이드라인대로 연구참여자의 위앞톱니근과 아래앞톱니근을 구분하여 전극을 부착했다[3]. 두 개의 분리된 양극 표면전극이 2 cm 간격으로 배치되었다. 위 앞톱니근과 아래앞톱니근의 근전도 전극은 어깨뼈 아래쪽 끝 수준에서 넓은등근의 앞쪽 영역에 위치하고, 겨드랑이가 접하는 부분으로부터 2 cm 아래로 5번째 갈비뼈와 7번째 갈비뼈에 위치하여 위, 아래앞톱니근을 각각 촉진 후 부착하였다[9]. 위등세모근은 7번째 목뼈 가시돌기와 어깨뼈봉우리(acromion) 사이 지점에 부착하였고, 아래등세모근은 6번째 등뼈 가시돌기에서 대각선 바깥쪽 1.5 cm 아래 부위에 부착하였다[3]. 근전도 신호는 MyoResearch® XP Master Edition software (Noraxon)를 사용하여 획득했다. 앞톱니근과 등세모근의 최대 자발적 등척성 수축(maximal voluntary isometric contraction, MVIC)에 대한 근육 테스트 위치는 Kendall 등[18]의 가이드라인에 따라 진행되었다. %MVIC는 앞톱니근과 등세모근의 근수축을 표준화하기 위해 사용되었다. 각 연구참여자가 타겟바에서 자신의 우세측 어깨뼈 내밀을 유지하는 5초 동안 근활성도 신호가 기록되었다. 운동 시작 및 종료 시 각각의 1초를 제외하고, 중간 2–4초의 신호를 분석했다[19,20].

3. 실험 절차

연구참여자는 운동에 익숙해 지도록 우세측 팔을 사용해 10분 동안 세 가지 다른 어깨뼈 내밀 운동을 수행했다. 그런 다음, 각 운동은 5초 동안 3번씩 수행되며 운동 사이에 3분 휴식을 취했다. 세 가지 다른 어깨뼈 내밀 운동의 순서는 마이크로소프트 엑셀(Microsoft, Redmond, WA, USA)의 무작위 순서로 할당되었다. 분당 60비트로 설정된 메트로놈을 사용하여 운동을 수행하는 시간을 표준화하였다.

1) Scapular protraction (SP)

초기 위치에서, 각 연구참여자는 등받이 의자에 앉고 등을 똑바로 앉

은 자세로 의자를 평평하게 배치하고, 우세측 어깨는 90도 굽힘을 수행했다(Figure 1A). 우세측 어깨가 90도 굽힘 할 때, 팔꿈치는 완전히 펴하고, 어깨뼈는 중립자세에서 내뺌을 수행했다. 타겟바는 연구참여자가 몸통 굽힘과 회전없이 어깨뼈 내뺌을 할 수 있는 위치에 놓았다. 연구참여자는 타겟바에 우세측 손을 주먹권 채, 어깨뼈 내뺌을 수행하고 5초 동안 유지했다(Figure 1A).

2) Scapular protraction with self-resistance (SPSR)

SPSR 운동은 선행연구에서 제시된 방법이 사용되었다[11]. 연구참여자는 초기 자세에서 비우세측 손의 손바닥이 우세측 손의 주먹을 감싸도록 지시했다(Figure 1B). 우세측 손의 주먹이 비우세측 손의 손바닥을 맞서 밀고, 비우세측 손의 손바닥이 우세측 손의 주먹에 맞서 당긴 채 자가 저항을 제공하면서 5초 동안 유지했다.

3) Scapular protraction with self-resistance with hand-exerciser (SPSRH)

SPSR 운동과 동일하게 수행하되, 비우세측 손에 핸드엑셀사이저(Thera-Band Hand Exerciser; The Hygenic Corporation, Akron, OH, USA)를 권 상태에서 자가 저항을 주면서 우세측 어깨뼈 내뺌을 수행했다. 핸드엑셀사이저는 50% 정도 압축된 상태에서 발생하는 대략적인 저항을 나타내기 위해 색깔로 구분되어 있고, 노란색은 0.68 kg, 초록색은 1.36 kg 그리고 파란색은 3.64 kg의 저항을 나타낸다[21]. 이 연구에서 사용된 핸드엑셀사이저는 모두 파란색으로 적용하였다.

핸드엑셀사이저를 우세측 손의 주먹과 비우세측 손의 손바닥 사이에 위치하며, 핸드엑셀사이저를 권 상태에 자가 저항을 주면서 어깨뼈 내뺌을 수행했다(Figure 1C).

4. 자료 분석

본 연구의 모든 데이터는 IBM SPSS Statistics 20.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA)을 사용하여 분석하였다. Kolmogorov-Smirnov 검정은 모든 변수들이 정규 분포되었는지 확인하기 위해 사용되었다. 반복 측정된 일원배치 분산분석은 어깨뼈 내뺌 운동 시 위 그리고 아래 앞톱니근 및 등세모근의 근활성도를 비교하기 위해 사용됐다. 3가지 운동 간 유의한 차이를 정확하게 분석하기 위해 본페로니 조정을 사용하였고, 유의수준 0.05를 3으로 나눈 유의수준 0.01로 설정하며 통계적 유의 수준에 적절하게 적용되었다.

RESULTS

1. 위앞톱니근의 근활성도

세 가지 다른 어깨뼈 내뺌 운동 시 위앞톱니근의 근활성도에는 통계학적으로 유의한 차이를 확인할 수 없었다($p > 0.01$) (Table 1).

2. 아래앞톱니근의 근활성도

세 가지 다른 어깨뼈 내뺌 운동 시 아래앞톱니근의 근활성도에는 통계학적으로 유의한 차이를 확인할 수 있었다($p < 0.01$) (Table 1). SP-

Figure 1. (A) Scapular protraction. (B) Scapular protraction with self-resistance. (C) Scapular protraction with self-resistance with hand-exerciser.

Table 1. The electromyographic activity of upper and lower serratus anterior and trapezius muscles

Muscles	Mean $\pm$ standard deviation (% MVIC)			F-value	p-value
	SP	SPSR	SPSRH		
Upper serratus anterior	27.09 $\pm$ 10.54	40.21 $\pm$ 12.22	44.09 $\pm$ 18.24	5.28	0.039
Lower serratus anterior	31.01 $\pm$ 15.74	43.11 $\pm$ 13.58 ^a	59.84 $\pm$ 15.19 ^b	10.68	<0.01 ^c
Upper trapezius	19.63 $\pm$ 9.48	18.28 $\pm$ 8.11	12.91 $\pm$ 6.32	3.89	0.084
Lower trapezius	15.07 $\pm$ 5.41	20.71 $\pm$ 7.22	23.15 $\pm$ 8.24	3.41	0.097

SP, scapular protraction; SPSR, scapular protraction with self-resistance; SPSRH, scapular protraction with self-resistance with hand-exerciser; % MVIC, % maximal voluntary isometric contraction. ^aSignificant difference between SP and SPSR. ^bSignificant difference between SPSR and SPSRH. ^cSignificant difference between conditions (adjusted $p < 0.01$).

SRH 운동 시 아래앞톱니근의 근활성도는 SP와 SPSR 운동보다 통계학적으로 유의한 증가를 확인할 수 있었다. SPSR 운동 시 아래앞톱니근의 근활성도는 SP 운동보다 통계학적으로 유의한 증가를 확인할 수 있었다($p < 0.01$) (Table 1).

3. 위등세모근의 근활성도

세 가지 다른 어깨뼈 내뿔 운동 시 위등세모근의 근활성도에는 통계학적으로 유의한 차이를 확인할 수 없었다($p > 0.01$) (Table 1).

4. 아래등세모근의 근활성도

세 가지 다른 어깨뼈 내뿔 운동 시 아래등세모근의 근활성도에는 통계학적으로 유의한 차이를 확인할 수 없었다($p > 0.01$) (Table 1).

DISCUSSION

어깨뼈 내뿔 운동은 일반적으로 어깨관절을 위한 재활운동으로써 앞톱니근의 강화운동으로 사용되어 왔다[1,3,7,15]. 효과적인 앞톱니근 강화운동을 통해서 향상된 충분한 근활성도는 어깨뼈 안정화와 정상적 움직임에 기여한다[1-3]. 반대로, 위 또는 아래 앞톱니근의 감소된 근활성도는 어깨뼈의 움직임을 변화시켜 어깨 통증[4]뿐만 아니라 어깨뼈 운동이상증을 발생시킬 수 있다[5,6]. 본 연구에서는 SP, SPSR 그리고 SPSRH의 세 가지 다른 어깨뼈 내뿔 운동을 수행하는 동안 위 그리고 아래 앞톱니근과 등세모근의 근활성도에 대해서 비교하는 것이 목적이다. 연구 결과를 통해 SPSRH 운동이 다른 2가지 운동인 SP 운동과 SPSR 운동보다 아래앞톱니근의 근활성도에 있어서 유의한 증가를 확인할 수 있었다(SPSRH 운동 시 SP 운동보다 아래앞톱니근 근활성도의 92.97% 향상, SPSR 운동보다 아래앞톱니근 근활성도의 38.81% 향상) ($p < 0.017$). 따라서 이 연구를 통해 SPSRH 운동을 수행하면서 핸드엑셀사이저를 이용해서 어깨뼈 내뿔에서 불안정한 지면을 제공하고, 자가 저항을 비우세측 손을 이용해 제공하는 것이 아래앞톱니근의 근활성도 증가를 위해서 다른 2가지 운동보다 효과적이었다. 이 연구에서 SPSRH 운동이 SP 운동과 SPSR 운동보다 다른 결과를 보인 이유를 설명하고자 한다.

첫째, SP 운동보다 SPSR 그리고 SPSRH 운동의 위앞톱니근과 아래앞톱니근의 근활성도가 증가된 이유는 우세측 어깨뼈 내뿔이 발생되었을 때 비우세측 팔을 이용해 자가 저항을 제공했기 때문이다[16]. 일반적으로 선택적인 앞톱니근 강화를 위해 열린사슬 운동으로 수행을 하는데, 앞톱니근이 단축된 상태에서 등척성 수축을 일으키는 근 고정 운동(muscle setting exercise)으로 훈련하게 된다. 하지만 앞톱니근이 수축된 상태에서 근 고정 운동을 수행하고 있을 때, 비우세측 손을 이용해 조절된 저항을 제공함으로써, 등척성 수축이 더욱 크게 발생하게 된다[16]. 일반적인 SP 운동이 수행될 때는 자가저항 없이 어깨뼈 내뿔을 수행하기 때문에 열린사슬 운동의 방법이라고 할 수 있다. 반면에, SPSR 그리고 SPSRH 운동을 수행할 때는 우세측 손 끝을 통해 저항을

위한 접촉면이 부여되고, 접촉면을 통해 자가 저항이 제공되는 만큼 순수한 열린사슬 운동으로 보기에 차이가 있다. 그렇기 때문에, 열린사슬 운동의 형태로 수행되는 SP 운동보다 자가 저항 및 접촉면이 부여되는 SPSR과 SPSRH 운동의 형태가 위앞톱니근과 아래앞톱니근의 근활성도 증가에 효과적이라고 볼 수 있다.

둘째, SPSRH 운동이 SPSR 운동보다 아래앞톱니근 근활성도가 증가된 이유는 먼 쪽 팔(distal extremity)에 제공된 핸드엑셀사이저가 불안정한 접촉면을 제공했고, 이것에 대한 반응으로 어깨뼈를 동반한 가까운 쪽 팔(proximal stability)에 더 많은 안정성이 요구됐다고 볼 수 있다. 이 요소가 어깨뼈를 동반한 가까운 쪽 팔의 안정성에 직접적으로 영향을 미치는 아래앞톱니근의 근활성도 증가에 기여한 것으로 고려된다[3]. 선행연구에서는 도구 또는 스위스볼을 이용한 불안정한 지면에서 닫힌사슬 자세의 푸쉬업 플러스 운동이 앞톱니근의 근활성도 증가에 효과적이지 않다고 보고한 바 있다[1,8]. 하지만 본 연구에서는 핸드엑셀사이저를 이용한 불안정한 지면에서 어깨뼈 내뿔 운동이 아래앞톱니근의 근활성도 증가에 효과적이었다[1]. 닫힌 사슬 자세에서 도구 또는 스위스볼을 이용한 지면의 불안정성이 어깨위팔관절을 구성하는 안정화 근육과 앞톱니근 근육의 활성화를 증가시킬 정도로 차별성이 충분하지 않았다고 생각한다[8]. 도구와 스위스볼의 경우 엎드린 자세에서 체중을 이용해 큰 압력을 발생시키기 때문에 푸쉬업 플러스 자세가 발생하는 어깨뼈 내뿔 끝 자세에서는 오히려 불안정한 지면이 높은 압력으로 눌리는 만큼 한 지점에서 고정되어 있을 가능성이 의심될 수 있다[9]. 따라서 체중이 실린 채 고정된 상태의 불안정한 접촉면과 체중이 실리지 않은 채 고정되지 않은 상태의 불안정한 접촉면을 동일한 환경이라고 비교하기에는 한계가 있다고 본다. Park과 Yoo [3]의 선행연구에 따르면, 불안정한 지면에서 닫힌사슬 자세의 푸쉬업 플러스 운동이 안정한 지면에서의 운동보다 아래앞톱니근 활성화와 증가에 유의한 차이를 확인할 수 있었다. 선행연구에서도 푸쉬업 플러스 운동을 수행하는 동안에 위앞톱니근 활성화에서는 유의한 차이를 확인할 수 없었다[3]. 따라서, 이 연구에서 나타난 결과와 마찬가지로, 어깨뼈 내뿔 운동을 수행하면서 불안정한 지면의 제공이 위앞톱니근의 변화보다 아래앞톱니근의 변화에 효과적이었고, 이것은 어깨뼈 내뿔이 수행되면서 아래각에 대한 안정화 역할을 향상시키기 위해, 아래앞톱니근의 활성화를 증가시킨 것이라고 볼 수 있다. 본 연구에서는 앉은 자세에서 비우세측 손을 이용한 자가 저항을 제공한 상태에서 우세측 주먹 끝에서 핸드엑셀사이저를 눌러서 불안정한 접촉면을 제공했고, 위앞톱니근과 아래앞톱니근의 근활성도를 구분하기 위해, 전극의 부착 위치도 그에 따라 다르게 부착한 것도 원인으로 보여진다[3]. Inman 등[12]의 연구를 보면, 아래앞톱니근뿐만 아니라 아래등세모근이 어깨뼈의 아래각의 움직임의 안정성에 기여한다고 밝혔다. 이러한 요소를 통해 SP 운동 그리고 SPSR 운동보다 SPSRH 운동에서 아래앞톱니근 근활성도의 유의한 증가를 확인할 수 있었다.

하지만 본 연구에서 세 가지 다른 환경에서의 아래등세모근의 근활성도에는 통계학적으로 유의한 차이를 확인할 수 없었다. 예상할 수 있

는 가능성으로는 제공되는 자가 저항과 불안정한 지면이 영향을 미치는 아래등세모근의 근활성화의 변화는 어깨뼈 내뿔고 위쪽돌림 끝 자세에 도달했을 때 더 큰 영향을 미치게 된다. 하지만 이 연구에서 수행된 SP, SPSR 그리고 SPSRH 운동을 수행할 때 어깨뼈의 위쪽돌림을 동반한 내뿔 운동보다 자가저항을 동반한 어깨뼈 내뿔 운동이기 때문에 아래등세모근의 근활성화에 변화를 일으키지 못한 것으로 판단된다. 선행 연구를 보면, 앞뿔니근 근활성도 감소가 나타나는 경우 어깨뼈의 움직임을 지연시켜, 통증뿐만 아니라 운동이상증이 발생하는 원인이 되기 때문에, 앞뿔니근의 근활성도를 향상시키기 위해 어깨뼈 내뿔 운동을 효율적으로 수행하는 것이 필수적이다[4-7]. 따라서 본 연구에서 사용된 SP, SPSR 그리고 SPSRH 운동을 수행하면서 등세모근 활성도에서는 큰 차이를 확인하기 힘들지만, 아래앞뿔니근 근활성도에는 통계학적으로 유의한 차이를 확인할 수 있었다. 그것은 어깨뼈 내뿔 운동의 끝 자세에서 자가 저항이 제공된 환경과 열린사슬 자세 환경에서 제공된 불안정한 접촉면이 조성되었기 때문으로 보여진다.

본 연구에서는 몇 가지 제한점이 있다. 첫째, 건강하고, 젊은 남성이 참여한 점이다. 그렇기 때문에 노령 연령대와 여성 그리고 환자군에게는 일반화할 수 없다. 후속 연구에서는 연령별, 성별에 따른 연구의 비교가 필요하다. 추가적으로 어깨충돌증후군 또는 어깨뼈 운동이상증이 있는 환자를 대상으로 앞뿔니근 및 등세모근의 근활성도 비교연구가 필요하다. 둘째, 세 가지 다른 어깨뼈 내뿔 운동을 수행하는 동안 위 그리고 아래 앞뿔니근과 등세모근을 제외한 어깨관절 주변 근육의 근활성도 및 근 수축 개시속도를 측정하지 않았다. 추후 연구에서는 앞뿔니근을 포함한 어깨뼈 및 어깨관절 주변 근육에 대한 추가 연구가 필요하다. 셋째, 표면 근전도를 사용했기 때문에 위, 아래앞뿔니근의 표면적 근활성도에 대한 근육을 포함하나, 앞뿔니근의 심부근육에 대한 연구는 부족하다.

CONCLUSIONS

이 연구는 SP, SPSR 그리고 SPSRH의 세 가지 다른 어깨뼈 내뿔 운동을 앉은 자세에서 수행하는 동안 불안정한 접촉면을 통한 자가 저항이 어깨뼈의 안정성을 향상시키기 위해 아래앞뿔니근 근활성도 증가에 효과적이었다. 또한 앞뿔니근 강화 운동을 수행할 때 앞뿔니근 내 위치에 따른 차이도 고려하는 것이 필요할 것이다.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was funded by the university innovation support project of Hoseo University, grant number 221-01.

CONFLICTS OF INTEREST

No potential conflict of interest relevant to this article was

reported.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceptualization: ICJ. Data curation: BHH. Formal analysis: BHH. Funding acquisition: ICJ. Investigation: BHH. Methodology: BHH. Project administration: TJJ. Supervision: ICJ. Validation: ICJ. Visualization: TJJ. Writing - original draft: TJJ. Writing - review & editing: ICJ.

ORCID

Tae-Jin Jang, <https://orcid.org/0000-0001-7704-2039>

Byeong-Hun Hwang, <https://orcid.org/0000-0003-2185-2467>

REFERENCES

- Kim SH, Kwon OY, Kim SJ, Park KN, Choung SD, Weon JH. Ser-ratus anterior muscle activation during knee push-up plus exercise performed on static stable, static unstable, and oscillating unstable surfaces in healthy subjects. *Phys Ther Sport* 2014;15(1):20-5.
- Thigpen CA, Padua DA, Michener LA, Guskiewicz K, Giuliani C, Keener JD, et al. Head and shoulder posture affect scapular mechanics and muscle activity in overhead tasks. *J Electromyogr Kinesiol* 2010;20(4):701-9.
- Park SY, Yoo WG. Differential activation of parts of the serratus anterior muscle during push-up variations on stable and unstable bases of support. *J Electromyogr Kinesiol* 2011;21(5):861-7.
- Ludewig PM, Cook TM. Alterations in shoulder kinematics and associated muscle activity in people with symptoms of shoulder impingement. *Phys Ther* 2000;80(3):276-91.
- Ghanbari L, Alizadeh M, Minoonejad H, Hosseini S. Prediction of scapular dyskinesis through electromyographic indices of scapulothoracic muscles in female overhead athletes. *J Rehabil Sci Res* 2018;5(3):74-80.
- Kibler WB, Ludewig PM, McClure PW, Michener LA, Bak K, Sciascia AD. Clinical implications of scapular dyskinesis in shoulder injury: the 2013 consensus statement from the 'Scapular Summit'. *Br J Sports Med* 2013;47(14):877-85.
- Torres RJB, Pirauá ALT, Nascimento VYS, Dos Santos PS, Bel-trão NB, de Oliveira VMA, et al. Shoulder muscle activation levels during the push-up-plus exercise on stable and unsta-

- ble surfaces. *J Sport Rehabil* 2017;26(4):281-6.
8. **Lehman GJ, Gilas D, Patel U.** An unstable support surface does not increase scapulothoracic stabilizing muscle activity during push up and push up plus exercises. *Man Ther* 2008;13(6):500-6.
 9. **Cram JR, Kasman GS, Holtz J.** Introduction to surface electromyography. Gaithersburg: Aspen Publishers; 1998;289-99.
 10. **Hardwick DH, Beebe JA, McDonnell MK, Lang CE.** A comparison of serratus anterior muscle activation during a wall slide exercise and other traditional exercises. *J Orthop Sports Phys Ther* 2006;36(12):903-10.
 11. **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):418-28.
 12. **Inman VT, Saunders JBdeCM, Abbott LC.** Observations on the function of the shoulder joint. *J Bone Joint Surg* 1944;26(1):1-30.
 13. **Ludewig PM, Reynolds JF.** The association of scapular kinematics and glenohumeral joint pathologies. *J Orthop Sports Phys Ther* 2009;39(2):90-104.
 14. **Seo SH, Jeon IH, Cho YH, Lee HG, Hwang YT, Jang JH.** Surface EMG during the push-up plus exercise on a stable support or Swiss ball: scapular stabilizer muscle exercise. *J Phys Ther Sci* 2013;25(7):833-7.
 15. **Hwang UJ, Kwon OY, Jeon IC, Kim SH, Weon JH.** Effect of humeral-elevation angle on electromyographic activity in the serratus anterior during the push-up-plus exercise. *J Sport Rehabil* 2017;26(1):57-64.
 16. **Jung SH, Jeon IC, Hwang UJ, Kim JH, Kwon OY.** The effect of a combination of scapular protraction with resistance and forward flexion of the shoulder on serratus anterior muscle activity. *Phys Ther Korea* 2016;23(4):55-62.
 17. **Rainoldi A, Melchiorri G, Caruso I.** A method for positioning electrodes during surface EMG recordings in lower limb muscles. *J Neurosci Methods* 2004;134(1):37-43.
 18. **Kendall FP, McCreary EK, Provance PG, Rodgers MM, Romani WA.** Muscles: testing and function with posture and pain. 5th ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2005;560.
 19. **Jeon IC, Jang J.** Comparison of prone hip extension exercise and prone hip extension exercise after iliopsoas stretching on lumbopelvic control and gluteus maximus activity in subjects with short iliopsoas. *JMST* 2017;1(1):19-25.
 20. **Jeon IC.** Activation and onset time of the gluteus maximus muscle during three different prone table hip extension exercises. *J Korean Phys Ther* 2020;32(5):295-301.
 21. **Villafañe JH, Cleland JA, Fernández-de-Las-Peñas C.** The effectiveness of a manual therapy and exercise protocol in patients with thumb carpometacarpal osteoarthritis: a randomized controlled trial. *J Orthop Sports Phys Ther* 2013;43(4):204-13.