

# Comparative Analysis of the Serratus Anterior Muscle Activity When Right and Left Knee Lift during Quadruped Position on Push Up Plus

KiSeok Nam<sup>1</sup>, JiWoong Kim<sup>1</sup>, JiWon Park<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, Yeungnam University College, Daegu, Korea; <sup>2</sup>Department of Physical Therapy, College of Bio and Medical Science, Daegu Catholic University, Gyeongsan, Korea

**Purpose:** This study examined the effects of the right or left knee lift during push up plus in the quadruped position on the serratus anterior (SA) muscle activity.

**Methods:** Twenty-one subjects (male 11, female 10) performed the quadruped position on push up plus. The muscle activities of the lower trapezius (LT), SA, and upper trapezius (UT) were measured by surface electromyography. Repeated measurements of one-way ANOVA were performed for statistical analysis of the data, and the criterion for statistical significance was set to  $p < 0.05$  and comparative analysis of the UT and SA ratio using a Paired t-test.

**Results:** The right SA increased the muscle activity of the right knee lift during quadruped position push up plus ( $p < 0.05$ ). In particular, the right SA muscle activity was higher than the left. In addition, comparative analysis of the UT and SA ratio to the right knee lift during quadruped position push up plus was performed ( $p < 0.05$ ). The right was found to be a significant statistic compared to the left, but the left SA increased the muscle activity of the left knee lift during quadruped position push up plus ( $p < 0.05$ ). The left SA muscle activity was higher than right. In addition, comparative analysis of UT and SA ratio to the left knee lift during quadruped position push up plus was performed ( $p < 0.05$ ). The left was found to be a significance statistic than the right. In addition, the interaction effect between the groups showed significant differences ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion:** Knee lift during push up plus is recommended for the selective activation of a research exercise protocol of one side of the serratus anterior.

**Keywords:** Quadruped position, Knee lift, Serratus anterior

## 서론

날개뼈의 불안정한 동적 안정성은 목과 어깨관절 주변의 신경계와 근골격계의 기능 부전을 발생시킨다.<sup>1</sup> 어깨관절 복합체는 해부학적 관절인 오목위팔관절, 봉우리빗장관절, 복장빗장관절과 생리학적인 어깨가슴관절이 포함되고 어깨관절 복합체에서 운동의 중심으로 다축성 관절로 어깨의 지지력 안정성을 유지하기 위하여 뼈나 인대보다 안정화근육의 앞톱니근, 위등세모근과 아래등세모근이 포함된다.<sup>2,3,4</sup> 또한 앞톱니근과 위등세모근은 어깨가슴관절의 주요한 안정근육으로써 아래등세모근과 함께 어깨뼈를 가슴에 적절히 위치 시키며 동적인 안정성을 제공한다.<sup>5</sup> 특히 앞톱니근은 날개뼈의 운동

과 조절에 있어서 매우 중요하게 작용하는데 다른 어떤 어깨가슴관절의 근육들보다 날개뼈의 위쪽돌림(upward rotation)과 뒤기울림(posterior tilt)를 만드는 지레팔의 길이가 길기 때문에 어깨뼈 운동의 주동근이 되며 어깨뼈의 날개어깨뼈(winging scapula) 방지에 중요한 역할을 하지만<sup>6,7</sup> 근육들의 비정상적 활동패턴으로 인하여 어깨뼈 근육의 불균형이 나타나게 된다.<sup>8</sup>

어깨뼈의 위쪽돌림동안 가장 먼저 작용하는 안정화 근육은 아래등세모근과 앞톱니근이며 위쪽돌림시 초기 단계에 위등세모근과 앞톱니근은 작힘으로 작용하여 어깨관절의 위쪽돌림이 일어난다.<sup>4,9,10</sup> 특히 앞톱니근은 어깨가슴관절의 안정성과 운동에 매우 중요하게 작용하며 다른 어깨가슴관절의 안정화 근육들 보다 어깨뼈의 위쪽

Received Feb 5, 2020 Revised Feb 14, 2020

Accepted Feb 20, 2020

Corresponding author JiWon Park

E-mail mylovept@hanmail.net

Copyright ©2020 The Korean Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distribute under the terms of the Creative Commons Attribution Non-commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

돌림과 뒤기울임을 만드는 지렛팔이 길기 때문에 어깨가슴관절 운동의 주동근으로 작용하고 날개어깨뼈를 방지하는 역할을 한다.<sup>6,12</sup> 앞톱니근은 효과적인 어깨관절의 외전근이며 어깨뼈의 상방회전과 견갑골의 흉곽에 부착시키는데 중요한 역할을 한다.<sup>11</sup> 안정화 근육들의 불균형이 존재하는 환자들에게 안정화 근육들의 전반적인 근활성도를 높이는 운동보다는 안정화 근육의 힘의 불균형은 최소로 유지하며 선택적으로 활성화할 수 있는 운동이 필요하다.

전통적인 상지 재활프로그램은 근력강화를 위해 열린사슬운동이 사용되어왔다. 최근에는 저자들이 상지 재활을 위해 닫힌사슬운동을 이용하고 있고<sup>13</sup> 닫힌사슬운동은 사지의 원위부는 고정되고 근위부와 원위부에 저항을 동시에 적용시 일어나는 운동으로<sup>14</sup> 동적인 근육의 안정성을 위하여 동시 수축으로 원심성수축, 관절압박력으로 전단력을 낮추어 관절의 안정성을 높인다. 기계적 수용기는 관절낭의 압력 변화에 반응하여 고유수용성감각을 활성도를 높인다.<sup>15</sup>

닫힌사슬운동의 네발기기 자세에서의 푸쉬업플러스 운동은 주관절이 폼하였을 때 최대한 어깨뼈를 내밀 하여 일반적인 푸쉬업 운동을 수정하여 등세모근 아래섬유 활성화와 높은 앞톱니근의 활성을 이끌어내기 때문에 상지재활프로그램에서 앞톱니근의 선택적 활성화를 높이는데 사용된다.<sup>2,8,13</sup> 최근 푸쉬업플러스 동작 중에도 지지면의 불안정성을 높인 불안정한 상태에서의 운동방법이 가장 효율성이 높은 것으로 알려져 있고<sup>16</sup> 불안정한 지지면에서 팔굽혀펴기 운동을 할 때 위등세모근/앞톱니근 비는 유의하게 낮아졌으며 이는 불안정한 지지면을 이용한 운동자극으로 앞톱니근의 근활성도가 증가 된다고 하였다. 푸쉬업플러스 동작시 불안정성을 높이기 위해 지지면을 줄이는 방법으로 한쪽 다리 들기를 많이 적용하고 있다.

푸쉬업플러스 동작 시 오른쪽 어깨근의 활성도는 동측(오른쪽)의 반대측(왼쪽) 다리를 들 때 보다 동측(오른쪽)의 다리를 들었을 때 근전도 활성도 값이 올라가는 것을 확인할 수 있었는데, 이는 네발기기 자세에서의 중력중심(center of gravity)이 동측 다리를 들 때 동측 지지면(base of support)의 소실을 보상하기 위하여, 신체의 중력 중심이 동측(오른쪽) 다리를 든 쪽 어깨로 집중되어 어깨근 활성도가 높아진 결과라고 볼 수 있다.<sup>17</sup>

선행 연구들에서 푸쉬업플러스로 앞톱니근을 강화하기 위해 어깨근의 각도, 지지면의 불안정성 등과 같은 변수를 사용하여 양쪽 어깨의 문제로 인한 환자, 한쪽 어깨근의 문제를 가지는 스포츠 선수, 일반인 등을 대상으로 실험하여 모두 양쪽 앞톱니근의 활성도를 높이는 운동을 제시한 반면 한쪽 어깨근의 선택적 활성도를 높이는 운동은 없었다.<sup>13</sup>

따라서 본 연구에서는 네발기기 자세에서 오른쪽과 왼쪽 무릎 들기 동작이 한쪽 앞톱니근의 선택적 활성도에 어떠한 영향을 미치는지 연구하였다.

## 연구 방법

### 1. 연구대상

본 연구의 대상자는 20대 21명(남성 11명, 여자 10명)의 건강한 정상 성인을 대상으로 하였다. 연구대상의 제외 기준은 1) 어깨관절의 가동성 제한이 있는 자, 2) 어깨관절의 확인한 불안정성이 있는 자, 3) 어깨에 수술 경험이 있는 자, 4) 최근 3개월 내에 어깨나 목에 통증이 있는 자, 5) 유착성 관절낭염 또는 흉곽출구증후군 등의 목과 어깨질환 병력이 있는 자로 설정하였다(Table 1).

모든 대상자들은 실험하기 전, 실험 과정에 대해 충분한 설명을 듣고 실험 참여에 자발적으로 동의하였다. 임상시험심사위원회(Institutional Review Board, IRB)에 의뢰하여 승인(승인번호: CRI-00006101)을 받은 후, 연구 진행을 하였다.

### 2. 실험방법

#### 1) 측정도구

(1) 표면 근전도(Surface electromyography)

근육의 활성도 비교를 위해 8채널 무선 표면 근전도 WEMG-8 (Laxtha, USA)를 사용했다. 표면전극(Ag/AgCl 222, 3M, Korea)은 6채널을 사용하여 오른쪽-왼쪽 앞톱니근, 위등세모근, 아래등세모근에 부착하였으며 표면 전극 부착 부위의 피부 저항을 줄이기 위해 알코올 솜으로 피부각질층을 제거하였다.

#### (2) 스포츠 매트

오른쪽 왼쪽 무릎을 들기에 용이하게 실험자가 스포츠매트를 이용하여 실험에 맞게 제작하였다. 대상자들의 평균 키는 남자 176.27 cm, 여자 159.5 cm로 네발기기 자세에서 어깨관절 90°, 무릎관절 위치할 때 손목의 붓돌기(styloid process)에서 무릎이 지면에 닿는 위치까지 평균 남자는 78 cm, 여자는 64 cm를 필요로 하여 양손의 가이드라인을 세로 10 cm 아래쪽에 위치하였고 오른쪽-왼쪽 무릎의 위치는 가로 20 cm × 세로 30 cm로 하였다.

#### 2) 근전도 전극 부착

실험실의 온도를 25°C 로 일정하게 유지한 후, 근전도 수집을 위해 오른쪽/왼쪽 각각 세 개의 근육에 대한 전극부착부위를 한 번 더 확인

**Table 1.** General characteristics of subjects (n=21)

Variables	Mean ± SD	Range
Age (year)	21.95 ± 1.98 <sup>a</sup>	20-26
Height (cm)	168.28 ± 9.29	152-182
Weight (kg)	62.52 ± 13.18	43-89

<sup>a</sup>Values are mean ± SD.

후 각 근육의 근섬유 방향을 따라 활성화전극(activate electrode)과 기준 전극(reference electrode)을 수평으로 부착하였다. 각 전극 중심 사이의 거리는 2 cm 이내로 부착하였다. 각 근육별 구체적인 전극 부착 부위로서 위등세모근은 7번째 목뼈의 가시돌기와 어깨부리의 사이, 아래등세모근은 어깨뼈의 아래각 높이에 해당하는 허리뼈의 가시돌기에서 가쪽 2 cm 부위 그리고 앞톱니근은 겨드랑부위의 5-6번째 갈비뼈 높이에서 넓은등근의 앞쪽부위로 하였다.<sup>4</sup>

### 3) 근전도 신호처리방법

채널을 지정하여 각 채널에서 근전도 신호를 받을 수 있도록 하며 근전도 신호의 표본추출율은 1,000 Hz (1,000samples/second)로 증폭된 파형을 60-500 Hz의 대역통과필터(band pass filter)로 필터링하였다. 잡음을 제거하기 위해 60 Hz의 노치필터(notch filter)를 이용하고 각 근육이 수축한 시간 동안 수집된 신호를 정량화 하기 위해 실효평균값(root mean square, RMS)처리를 하였다.

### 3. 운동 프로그램

실험을 시작하기 전 실험자들의 실험에 사용할 도구와 동작을 10분간 충분히 설명한 후에 푸쉬업플러스 동작을 10분간 실시 후 다음 대상자가 전 대상자의 실험을 관찰하도록 하였다. 대상자들의 교육은 네발기기 자세를 하고 검사자는 10분간 연습한 운동을 패드를 이용하여 실험 중 대상자의 어깨올림, 무릎들기, 체중이동에 주의 후 실시를 하였다. 최대 수축 범위에서 5초간 유지한 후 3초 동안 휴식 후 3회 반복하였다.

#### 1) 오른쪽 무릎들기시 푸쉬업플러스 동작

- 네발기기 자세에서 실험자가 제작한 스포츠매트에서 양손을 가이드라인에 어깨넓이만큼 벌린다.
- 어깨관절 90°, 무릎관절 90° 굽힘 후 실험자의 지도아래 다음단계로 넘어간다.
- 실험용 스포츠매트에서 오른쪽 무릎 들기 시 왼쪽 무릎의 높이와 동일한 위치에서 오른쪽 어깨의 체중이동을 대상자에게 확인한다.
- 대상자는 푸쉬업플러스 동작을 실시한다(PUP with right knee lifting).

#### 2) 왼쪽 무릎들기시 푸쉬업플러스 동작

- 네발기기 자세에서 실험자가 제작한 스포츠매트에서 양손을 가이드라인에 어깨넓이만큼 벌린다.
- 어깨관절 90°, 무릎관절 90° 굽힘 후 실험자의 지도아래 다음단계로 넘어간다.

- 실험용 스포츠매트에서 왼쪽 무릎 들기 시 오른쪽 무릎의 높이와 동일한 위치에서 왼쪽 어깨의 체중이동을 대상자에게 확인한다.
- 대상자는 푸쉬업플러스 동작을 실시한다(PUP with left knee lifting).

### 4. 자료분석

위등세모근, 아래등세모근, 앞톱니근의 근활성도를 위해 각 측정 근육의 길이가 최대 신장 상태에 비해 중간 정도의 길이를 가지는 상태인 정상 관절가동범위의 중간 범위에서 최대 등척성 수축(Maximal Voluntary Isometric Contraction, MVIC)시 근활성도를 측정하였다. 5 초 동안의 자료 값의 수집된 신호를 정량화 하기 위해 실효평균값(Root Mean Square, RMS)처리를 하였다.

측정은 5초 간 3회 반복 측정하며 각 근육의 측정 시 1분간 휴식을 주었다. 최대 등척성 수축 과정은 위등세모근 측정은 등받이 의자에 등받이 등을 기댄 후 검사자가 측정하는 측의 어깨를 고정하고 실험자가 측정하는 어깨를 들어 올리는 동작을 취하도록 하였으며, 아래등세모근의 측정은 실험 대상자가 엎드려 누운 자세에서 측정하는 측의 팔꿈치를 펴고 팔을 바닥과 수평한 상태에서 90° 수평외전한 상태에서 검사자는 팔을 고정하고, 팔을 펴는 동작을 취하도록 실시하였다. 앞톱니근은 실험 대상자가 바로 누운 상태에서 어깨를 90° 굴곡한 후 팔꿈치를 편 후 검사자는 상완을 고정하고 어깨의 올림 동작을 방지하기 위해 실험 전 설명 후 올림동작이 나오지 않도록 지도와 함께 실험자는 팔을 앞으로 내밀 동작을 실시하였다.

### 5. 통계방법

자료의 통계처리는 통계프로그램 윈도우용 SPSS version 18.0 (SPSS Inc., Chicago)을 사용하였고 오른쪽-왼쪽 무릎들기 시 오른쪽-왼쪽 위등세모근, 아래등세모근, 앞톱니근 한쪽 3개의 근육 양쪽 6개의 근육군 상관관계 활성도 비교를 위하여 Repeated Measure ANOVA방법을 사용하였고 사후검정 방법은 Bonferroni 방법을 사용하였다. 또한 오른쪽-왼쪽 개별적 근육군의 비교는 independent t-test 방법을 사용하였다. 동일한 방법으로 오른쪽-왼쪽 위등세모근/앞톱니근의 근활성도 비를 비교 분석하였다. 연구의 통계적 유의 수준은  $\alpha = 0.05$  하였다.

## 결 과

### 1. 네발기기자세에서 푸쉬업플러스 동작 시 오른쪽 무릎들기

#### 1) 오른쪽 무릎들기시 근육별 활성도 비교

각 근육군의 근활성도의 구성비 중 앞톱니근을 제외한 위등세모근, 아래등세모근에서는 유의한 상호작용이 나타나지 않았다. 오른쪽 무릎들기 시 근육군의 위등세모근에서는 오른쪽이  $15.29 \pm 2.60$ , 왼쪽이  $15.94 \pm 2.65$ 이 왼쪽보다 0.65 증가되었고, 오른쪽 무릎들기 시 오

**Table 2.** Comparative analysis of UT and SA ratio in the knee lifting

	UT/SA (Right)	UT/SA (Left)	t	p
Right knee lifting	0.236±0.212	0.404±0.352	-2.545	0.019*
Left knee lifting	0.394±0.268	0.256±0.194	2.132	0.046*

Values are mean±SD, \*p<0.05, UT: Upper trapezius, SA: Serratus anterior.

른쪽-왼쪽 위등세모근의 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p>0.05). 아래등세모근에서는 오른쪽 25.06±4.95, 왼쪽 36.74±3.35으로 오른쪽이 왼쪽 보다 -11.68 감소되었고 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p>0.05). 앞뿔니근에서는 오른쪽 63.86±2.59, 왼쪽 45.39±3.51에서는 오른쪽이 왼쪽 보다 18.47 증가되었고 통계적 유의성이 있었다(p<0.05).

2) 오른쪽 무릎 들기에서 위등세모근과 앞뿔니근 근활성도 비 비교  
오른쪽 무릎 들기에서 위등세모근/앞뿔니근의 근활성도는 오른쪽 0.24±0.21, 왼쪽 0.40±0.35으로 오른쪽-왼쪽 위등세모근/앞뿔니근 비(UT/SA Ratio)에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.05)(Table 2).

## 2. 네발기자세에서 푸쉬업플러스 동작 시 왼쪽 무릎들기

### 1) 왼쪽 무릎들기 시 근육별 활성도 비교

각 근육군의 근활성도의 구성비 중 앞뿔니근을 제외한 위등세모근, 아래등세모근에서는 유의한 상호작용이 나타나지 않았다. 왼쪽 무릎들기 시 근육군의 위등세모근에서는 오른쪽 13.67±9.83, 왼쪽 16.51±12.45으로 왼쪽이 오른쪽 보다 2.84 증가되었고, 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p>0.05). 아래등세모근에서는 오른쪽 28.18±16.95, 왼쪽 23.59±13.65으로 왼쪽이 오른쪽 보다 4.59 감소되었고 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p>0.05). 앞뿔니근에서는 오른쪽 35.25±8.47, 왼쪽 65.48±14.67에서는 왼쪽이 오른쪽 보다 30.23 증가되었고 통계적 유의성이 있었다(p<0.05).

### 2) 왼쪽 무릎 들기에서 위등세모근과 앞뿔니근 근활성도 비 비교

왼쪽 무릎들기에서 위등세모근/앞뿔니근의 근활성도는 오른쪽 0.39±0.27, 왼쪽 0.26±0.19으로 오른쪽-왼쪽 위등세모근/앞뿔니근 비(UT/SA Ratio)에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.05)(Table 2).

## 고 찰

본 연구에서는 20대 21명(남성 11명, 여자 10명)의 건강한 정상 성인을 대상으로 네발기자세에서 오른쪽과 왼쪽 무릎들기 동작으로 한 쪽의 앞뿔니근의 활성도에 어떠한 영향을 미치는지 근전도를 이용하여 연구하였다. 네발기자세에서 무릎들기시 근육별 활성도를 비교한 결과 오른쪽 무릎들기와 왼쪽 무릎들기 모두에서 오른쪽과 왼쪽

의 위등세모근과 아래등세모근의 근전도 활성도는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 반면 앞뿔니근은 오른쪽 무릎들기시 동측인 오른쪽 앞뿔니근에서 통계적으로 유의하게 높은 근전도 활성도를 나타내었고, 왼쪽 무릎들기시에도 동측인 왼쪽 앞뿔니근에서 통계적으로 유의하게 높은 근전도 활성도를 나타내었다. 또한 무릎들기시에 위등세모근과 앞뿔니근의 근활성도 비를 비교한 결과 무릎들기를 한 반대쪽 어깨의 위등세모근과 앞뿔니근의 근활성도가 통계적으로 유의하게 낮은 결과를 나타내었다.

근골격계 동작에 관한 연구하는 임상전문가들의 연구도구로 근전도를 사용하여 기능과 장애를 연구하고 있으며, 근전도는 근활성도의 양과 패턴 분석에서 비교적 용의하게 임상에서 사용되는데 살아있는 인간의 아주 유용한 연구방법이다.<sup>9,19</sup> 이에 따른 안정근 연구에서는 내측광근/외측광근 근활성도 비 비교에서 일반적으로 무릎관절을 펼칠 때 대퇴슬개골증 증후군 환자들에게서 내측광근/외측광근 활성도 비 비교 시 열린사슬 운동을 할 때 보다 닫힌사슬 운동을 하는 동안 높게 나타났다고 하였다. 닫힌사슬 운동은 몸쪽 분절에 고정되어 있는 상태에서 몸쪽 분절에서 먼쪽 분절 저항을 적용할 때 일어나는 운동으로<sup>14</sup> 동적인 근육의 안정성 높이기 위한 동시수축으로 원심성 수축이 우세하며, 관절 압박력으로 전단력을 감소시켜 관절의 안정성을 높이고, 기계적 수용기는 관절낭의 압력 변화에 민감하게 반응하여 고유수용성 활성화를 높인다.

또한 닫힌사슬 운동은 근력 강화의 주요 프로그램으로 길항근이 서로 원심성으로 작용하여 손상된 관절의 안정성에 많은 역할을 한다.<sup>15</sup> 어깨가슴관절을 안정화시키기 위하여 많은 연구자들이 앞뿔니근에 관심을 두고 있고, 앞뿔니근을 선택적인 강화를 위한 운동프로토콜에 대해서 연구하고 있다.<sup>4,8</sup> 위등세모근의 근활성도가 나타나거나 앞뿔니근, 위등세모근의 불균형이 있는 대상자들에게 다양한 형태의 푸쉬업플러스 운동을 실시한 결과 일반적인 푸쉬업플러스에서 앞뿔니근의 근활성도가 높게 측정되었고 푸쉬업플러스 운동은 낮은 위등세모근 근활성도를 보이는 운동이며, 앞뿔니근 강화와 어깨안정화 및 근육 불균형의 감소를 하기 위해 적절한 운동프로토콜의 하나라고 하였다.<sup>4,8</sup>

푸쉬업플러스동작 시 어깨안정근의 손의 지지면의 다양한 넓이에 따른 영향에서 양손의 위치가 견봉의 수직하는 위치인 어깨넓이에서 앞뿔니근의 높은 증가를 확인되었고<sup>20</sup> 불안정한 지지면에서 팔굽혀펴기 운동을 할 때 위등세모근/앞뿔니근 비는 유의하게 낮아졌으며 이는 불안정한 지지면을 이용한 자극으로 앞뿔니근의 근활성도가 증가된다고 하였다. 푸쉬업플러스 동작 시 불안정성을 높이기 위해 지지면을 줄이는 방법으로 한 쪽 다리 들기를 많이 적용하고 있다.

Jo<sup>17</sup>의 선행연구에서 푸쉬업플러스 동작 시 동측과 반대측 다리 들기에 따른 우측 어깨근 활성도 비교 분석에서는 오른쪽 어깨근의 동

측(오른쪽)과 반대측 엉덩관절과 무릎관절을 90°편한 후 양손을 슬링을 이용하여 불안정성을 증가하여 네발기자세에서 푸쉬업플러스 동작을 실시하였고 동측(오른쪽)의 다리들기에서 앞뿔니근의 활성도가 반대측(왼쪽)보다 증가된 것을 확인할 수 있었다.

푸쉬업플러스를 이용하여 앞뿔니근을 강화하는 방법으로 어깨근의 각도, 지지면의 불안정성 등과 같은 변수를 이용하는 방법이 제안되었으며, 양쪽 어깨의 문제로 인한 환자, 한쪽 어깨근의 문제를 가지는 스포츠 선수, 일반인 등에서 실험이 이루어졌지만 모두 대상자의 앞뿔니근의 양측 활성도를 높이는 운동만을 제안하였고, 한쪽 어깨근의 선택적 활성도를 높이는 운동은 없었다.<sup>18,19</sup> 위등세모근과 앞뿔니근의 활성도에서는 동측(오른쪽) 다리들기 시에 반대측(왼쪽) 다리들기 시 보다 활성도가 높아졌지만, 아래등세모근에서는 본 연구와 동일하게 감소한 결과를 보였다. 선행연구에서는 아래등세모근의 경우에만 반대편 다리를 들 때 동측(오른쪽) 다리 들기에 비해 높은 근 활성도를 나타낸 것은 반대측 다리인 왼쪽다리 들기 시 왼쪽 골반의 안정성을 제공하기 위해 오른쪽 아래등세모근이 반대측 하부 몸통근으로 역할을 한 것으로 예상하였다.<sup>10</sup>

선행논문에서 다리를 엉덩관절 90°, 무릎관절 90°와 지지면의 불안정성을 높이기 위해 양손을 슬링을 이용하였지만 본 연구에서는 불안정성을 줄이기 위해 다리들기를 무릎들기로 양손을 안정적인 지지면을 이용하였지만 아래등세모근의 활성도 감소는 동일하였다. 선행 연구에서는 연구의 결과 중 대부분 어깨근 활성도가 반대측(왼쪽) 다리 들기에 비해 동측(오른쪽) 다리 들기 시 높아진 이유는 신체의 중력중심(center of gravity)이 동측(오른쪽) 다리를 들 때 동측의 기저면(base of support)이 소실되는 것을 보상하기 위한 것이 한 가지 원인으로 추측되어지고 또한 동측 다리를 들 때 신체의 중력 중심이 보다 소실된 기저면 측으로 가중되기 때문에 동측(오른쪽) 앞뿔니근의 활성도가 높아진 것으로 추측하였다.

본 연구에서도 무릎들기 시 기저면의 소실되는 어깨근의 불안정성과 기저면의 소실로 인한 중력중심의 이동으로 인하여 체중의 가중을 대상자들에게서 구두를 통해 확인할 수 있었고 기저면의 소실을 골반의 이동으로 보상하려는 움직임이 완벽하게 통제하지 못하였다. 그러나 21명의 남 11명, 여 10명의 일반인을 대상으로 하여 실험하였지만 성별에 상관없이 실험자들의 연구자의 운동프로그램을 사용하여 푸쉬업플러스 동작을 할 때 기존의 양측 앞뿔니근의 운동프로토콜과는 다르게 한쪽 어깨의 선택적 활성화를 위한 좋은 운동프로토콜이 될 것이다.

본 연구에서는 네발기자세에서 오른쪽 무릎들기와 왼쪽무릎들기를 할 때 앞뿔니근 근활성도 비교에서 연구결과에서는 오른쪽 무릎들기 시 오른쪽 어깨근의 위등세모근, 아래등세모근, 앞뿔니근 근 활성도가 왼쪽과 비교 시 통계적으로 유의하였고 왼쪽 무릎들기 시

왼쪽 어깨근과 오른쪽 어깨근 비교 시에 동일하게 통계적으로 유의하였다. 오른쪽 무릎들기 시에 오른쪽과 왼쪽의 각 근육군의 통계에서는 위등세모근과 아래등세모근은 통계적으로 유의하지 않았다. 하지만 앞뿔니근은 통계적으로 유의하였다. 왼쪽 무릎들기 시에도 통계적으로 동일한 결과를 확인할 수 있었다. 위등세모근과 앞뿔니근의 활성도비교 분석 시 무릎들기를 이용하여 한쪽 어깨근의 활성도를 높이면서 낮은 위등세모근의 활성도를 확인할 수 있었으며 오른쪽과 왼쪽을 비교할 때 통계적으로 유의하였다.

본 연구에서 오른쪽 무릎들기 시 오른쪽 앞뿔니근의 활성도 증가를 확인할 수 있었고, 왼쪽 무릎들기 시 왼쪽 앞뿔니근의 활성도 증가를 동일하게 확인할 수 있었다. 이는 양측 앞뿔니근의 활성도를 높이는 운동 프로토콜을 변형하여 한쪽 앞뿔니근의 선택적 활성도를 증가시킬 수 있는 운동프로토콜로 사용할 수 있음을 제안한다.

## REFERENCES

1. Kim DH, Kwon OY, Yi CH, et al. The Effects of 4-week serratus anterior strengthening exercise program on the scapular position and pain of the neck and interscapular region. *Phys Ther Korea*. 2007;14(4):58-65.
2. Decker MJ, Hintermeister RA, Faber KJ, et al. Serratus anterior muscle activity during selected rehabilitation exercise. *Am J Sports Med*. 1999;27(6):784-91.
3. Hess SA. Functional stability of the glenohumeral joint. *Man Ther*. 2000;5(2):63-71.
4. Lear LJ, gross MT. An electromyographical analysis of the scapular stabilizing synergists during a push up progression. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1998;28(3):146-57.
5. Mottram SL. Dynamic stability of the scapula. *Man Ther*. 1997;2(3):123-31.
6. Inman VT, Saunders JB, Abbott LC. Observations of the function of the shoulder joint. *Clin Orthop Relat Res*. 1996;330(9), 3-12.
7. Ellenbecker TS. Clinical examination of the shoulder. St. Louis, Elsevier Saunders. 2004.
8. 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):484-93.
9. Bagg SD, Forrest WJ. Electromyographic study of the scapular rotators during arm abduction in the scapular plane. *Am J Phy Med*. 1986;65(3): 111-24.
10. Kibler WB. The role of the scapula in athletic shoulder function. *AM J Sports Med*. 1998;26(2):325-37.
11. Sahrman SA. Diagnosis and treatment of movement impairment syndromes Mosby; 2002;216-22.
12. Dvir z, Berme NJ. The shoulder complex in elevation of the arm: a mechanism approach. *Biomech*. 1978;11(5):219-25.
13. Hardwick DH, Beebe JA, McDonnell MK, et al. A comparison of serratus anterior muscle activation during wall slide exercise and other traditional exercises. *J Orthop Sport Phys Ther*. 2006;36(12):903-10.
14. Prentice WE, Voight ML. Techniques in musculoskeletal rehabilitation.

- McGraw-Hill. 2005. 23
15. Iwasaki T, Shiba N, Matsuse H, et al. Improvement in knee extension strength through training by means of combined electrical stimulation and voluntary muscle contraction. *Tohoku J Exp Med.* 2006;209(1):33-40.
  16. Lee S, Lee D, Park J. The effects of changes in hand position on the electromyographic activities of the shoulder stabilizer muscles during push-up plus exercises on unstable surfaces. *J of Phys Ther Sci.* 2013;25(1): 125-8.
  17. Jo SH. Comparative analysis of the right shoulder's muscle activity when lifting ipsilateral and contralateral legs during the push up plus exercise. *J Korean Soc Precis Eng.* 2015;32(8):749-54.
  18. Cram JR, Kasman GS, Holtz J. *Introduction to surface electromyography.* Maryland Aspen pub. 1998.
  19. Kim YH, Tae KS, Song SJ. Evaluation of upper-limb motor recovery after brain injury: the clinical assessment and electromyographic analysis. *Phys Ther Korea.* 2005;12(1):91-9.
  20. Batbayar Y, Uga D, Nakazawa R, et al. Effect of various hand position widths on scapular stabilizing muscles during the push-up plus exercise in healthy people. 2015;27(8):2573-6.