

# 진동이 무릎 푸쉬업플러스 운동 시 어깨뼈 익상이 있는 성인의 어깨안정근 근활성도와 익상 높이에 미치는 영향

박원영<sup>1</sup> · 구현모<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>양산부산대학교병원 재활의학과 물리치료사, <sup>2\*</sup>경성대학교 물리치료학과 교수

## The Effects of Vibration on Shoulder Stabilizer Muscle Activation and Scapular Winging Length of Knee Push-up Plus Exercise in Adults with Scapular Winging

Park Wonyoung, PT<sup>1</sup> · Koo Hyunmo, PT, Ph.D<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Rehabilitation Medicine, Pusan National University Yangsan Hospital, Physical Therapist

<sup>2\*</sup>Dept. of Physical Therapy, Kyungsoo University, Professor

### Abstract

**Purpose** : This study was investigated effects of vibration on scapular winging of knee push-up plus exercise.

**Methods** : Twenty-eight female subjects with scapular winging were evaluated after performing knee push-up plus exercise, with or without vibration, three times a week for four weeks. Muscle activation of the serratus anterior and upper trapezius, and the ratio of activation of the upper trapezius to serratus anterior were measured using surface EMG; and scapular winging length was measured by using the caliper.

**Results** : The findings showed that knee push-up plus exercise -with and without- vibration induced a significant increase in muscle activation of serratus anterior ( $p<.05$ ) and a significant decrease in muscle activation of the upper trapezius ( $p<.05$ ), the ratio of muscle activation of the upper trapezius to the serratus anterior ( $p<.05$ ) and scapular winging length ( $p<.05$ ). There was also a significant difference in muscle activation of the serratus anterior ( $p<.05$ ) and upper trapezius ( $p<.05$ ) between control and experimental group at post-test.

**Conclusion** : This study suggests positive clinical effects of knee push-up plus exercise with vibration which enhanced muscle activation of serratus anterior and reduced muscle activation of upper trapezius in person with scapular winging. However, vibration had no effectiveness to improve muscle imbalance between serratus anterior and upper trapezius, and reduce the scapular winging length.

**Key Words** : knee push-up plus, scapular winging, shoulder stabilizer muscle, vibration

\*교신저자 : 구현모, hmkoo@ks.ac.kr

논문접수일 : 2019년 2월 19일 | 수정일 : 2019년 3월 26일 | 게재승인일 : 2019년 4월 19일

※ 본 논문은 경성대학교 박원영의 석사학위 논문 요약본임.

## I. 서론

어깨 복합체의 움직임은 복장빗장관절, 어깨빗장관절, 어깨가슴관절, 오목위팔관절의 복합적인 상호작용으로부터 형성되며, 이 중 어깨가슴관절의 위쪽돌림에 관여하는 앞톱니근과 등세모근의 약화 시에는 다양한 양상의 어깨뼈 익상이 나타날 수 있다(Kibler, 1998; Neumann, 2002). 긴가슴신경의 지배를 받는 앞톱니근은 팔을 들어 올리는 동안에 어깨뼈를 바깥쪽으로 당겨 정상적인 어깨위팔리듬(scapulohumeral rhythm)의 유지에 중요한 역할을 하며, 오목위팔관절의 안정성을 확보하면서 완전한 가동범위의 위쪽돌림 수행에 필수적 기능을 담당한다(Levangie & Norkin, 2011). 따라서, 저항에 대항하여 팔을 올릴 때 앞톱니근이 약화되면 어깨뼈의 안쪽모서리가 돌출되면서 과도한 아래쪽돌림이 나타나게 된다. 반면, 척수더부신경의 지배를 받는 등세모근의 약화 시에는 어깨뼈 안쪽모서리가 돌출되고, 아래각이 바깥돌림하여 바깥쪽으로 돌출되는 형태를 보인다(Neumann, 2002).

어깨뼈 익상으로 인한 비정상적인 어깨위팔리듬은 관절가동범위의 감소를 유발하며, 어깨뼈의 위쪽돌림을 제한하여 어깨관절의 기능부전을 초래할 수 있다(Paine & Voight, 1993). 어깨뼈의 위쪽돌림 시 앞톱니근과 위등세모근은 협력근이므로, 앞톱니근이 약화되면 위등세모근이 과도하게 활성화되는 보상작용이 나타나 이차적인 문제를 유발할 수 있으므로 앞톱니근의 근활성도를 증가시키고 위등세모근의 근활성도를 감소시키는 운동이 어깨관절을 위한 치료로 효과적이다(Ludewig & Cook, 2000; Ludewig 등, 2004; Tucker 등, 2010).

상지의 운동치료를 위해 단한사슬운동을 많이 이용하고 있으며, 앞톱니근 및 어깨뼈 안정화 협력근(scapular stabilizing synergist)의 강화를 위한 효과적인 단한사슬운동으로 푸쉬업플러스 운동이 있다(Ellenbecker & Davies, 2001; Jeon 등, 2011; Moon 등, 2013). 또한, 푸쉬업플러스 운동을 수행하는 동안 효과를 높이기 위해 진동자극의 사용 가능성이 제시되었다(Kim, 2013). 진동자극은 신경근육계 질환의 치료뿐만 아니라 스포츠 트레이닝을 위한 방법으로도 사용이 증가되고 있다(Hong 등, 2010).

진동 플랫폼을 통해서 신체로 전달된 기계적 진동자극은 반사적 근수축을 일으키고(Bosco 등, 1999), 이 과정은 진동자극이 일차들신경섬유(Ia afferent fiber)를 자극하여 알파운동신경원( $\alpha$ -motor neuron)이 지배하는 근육을 활성화시킴으로써 유도된다(Rothmuller & Cafarelli, 1995). Delecluse 등(2003)은 건강한 성인 여성을 대상으로 전신진동그룹과 저항운동그룹으로 나누어 12주간 운동을 적용한 연구에서 전신진동이 무릎관절 펌근의 근력을 유의하게 증가시킨다고 보고하였으며, Cho 등(2017)은 건강한 성인을 대상으로 몸통근력 운동 시에 진동자극을 적용하여 배속빗근의 근두께가 증가하였음을 보고하였다. 이와 같이 하지근육과 몸통근육에 진동자극을 적용하여 근활성도를 분석한 연구들은 다양하게 보고되었으나, 정상인을 대상으로 진행된 연구가 대부분이며, 특히 어깨뼈 익상과 같은 임상적 문제에 대한 진동자극의 효과에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 어깨뼈 익상이 있는 성인을 대상으로 무릎 푸쉬업플러스 운동 시에 적용한 진동 자극이 어깨안정근을 활성화시켜 앞톱니근의 선택적 활성화와 위등세모근의 선택적 억제에 유용한지 알아보고자 하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상자

본 연구는 다음의 연구대상자 선정 조건을 충족하는 어깨뼈 익상을 가진 성인 28명을 대상으로 실시하였다. 구체적인 연구대상자 선정 조건은 선 자세에서 양쪽 어깨뼈 안쪽모서리가 모두 1.5 cm 이상 돌출된 자, 네발기기 자세에서 양쪽 어깨뼈 안쪽모서리가 3 cm 이상 돌출된 자, 등세모근의 약화로 인해 어깨뼈의 아래각이 돌출되지 않은 자, 어깨, 팔꿈치, 손목, 손에 통증이 없는 자, 최근 6개월 이내에 어깨안정근의 강화운동을 실시하지 않은 자, 무릎 푸쉬업플러스 운동 수행에 제한이 없는 자로 하였다(Park 등, 2007). 연구대상자를 무릎 푸쉬업플러스 운동만 적용하는 대조군과 무릎 푸쉬업플러스와 함께 진동자극을 적용한 실험군으로 각각 14명씩 나누

표를 통해 무작위 배정하였고, 실험 시작 전에 실험 내용을 충분히 이해할 수 있도록 연구의 목적과 방법에 대해 설명하였으며, 연구 참여에 대한 서면 동의를 얻은 후 연구를 진행하였다.

## 2. 무릎 푸쉬업플러스와 진동의 적용

### 1) 무릎 푸쉬업플러스 운동

대상자가 양 손과 양 무릎으로 체중을 지지하여 네발 기기 자세를 취하도록 하였고, 양 팔이 바닥에 수직이 되도록 팔꿈관절을 완전히 펴고 이 자세에서 최대한 어깨뼈를 내밀하도록 하였다. 어깨뼈 내밀 위치에서 3초간 유지하도록 하여 하루 10회씩 5세트, 주 3회씩 4주간 실시하도록 통제하였다(Fig 1).

### 2) 진동의 적용

진동을 적용하기 위한 진동 플랫폼(Galileo Med S, Novotec Medical GmbH, Pforzheim, Germany)은 주파수 5~27 Hz, 진폭 0~9 mm 범위에서 조절 가능하며, 시상축을 기준으로 기울기가 상하로 변동되는 시소 방식의 진동 플랫폼이다. 진동 플랫폼 위에 대상자의 양 손을 위치시키고, 양쪽 무릎은 같은 높이의 지지면 위에 위치시키도록 하였다. 양쪽 팔이 바닥에 수직이 되도록 팔꿈관절을 완전히 펴고, 최대한 어깨뼈를 내밀하도록 하였다. 이 자세에서 적용한 진동 자극의 주파수는 대상자들이 진동 자극에 대하여 무릎 푸쉬업플러스 자세를 유지할 수 있는 가장 높은 주파수인 15 Hz, 진폭은 진동 플랫폼에 양 팔을 어깨 너비로 벌렸을 때의 최대 진폭인 6 mm로 설정하였다. 이 동작을 3초간 유지하도록 하여 하루 10회씩 5세트, 주 3회씩 4주간 실시하도록 하였다(Fig 2).



Fig 1. Knee push-up plus exercise



Fig 2. Application of vibration

## 3. 근활성도 측정 및 분석

무릎 푸쉬업플러스 운동 시 어깨안정근의 근활성도를 분석하고자 무선 표면근전도(TeleMyo DTS, Noraxon Inc, Scottsdale, USA)를 이용하였다. 앞뿔근은 5, 6번째 갈비뼈 높이의 겨드랑이 중심선 앞쪽 부위, 위등세모근은 7번째 목뼈에서 가쪽으로 5 cm 부위에 전극을 부착하였다(Park, 2007). 대상자에게 무릎 푸쉬업플러스 자세를 5초 동안 유지하게 하여 측정 시작 및 마지막의 각 1초를 제외한 3초 동안의 근전도 측정값을 수집하였으며, 3회 측정하여 평균값을 구하였다.

각 근육의 활동전위를 표준화시키기 위해 Hislop 등(2014)의 방법에 따른 최대수의적 등척성수축(maximal voluntary isometric contraction; MVIC)을 사용하였다. 각 근육의 최대수의적 등척성수축을 5초 동안 유지하게 하여 처음과 끝 부분의 각 1초를 제외한 3초 동안의 근전도 자료를 수집하였으며, 3회 측정하여 평균값을 구하였다. 측정된 모든 근전도 원자료(raw data)는 RMS(root mean square)로 변환하였으며, 각 근육의 활동전위를 최대수의적 등척성수축 시 근활성도에 대한 백분율로 계산하여 평균 근전도 신호량을 %최대수의적 등척성수축(%MVIC)으로 사용하였다.

근전도 신호의 처리를 위해 표본 추출률(sampling rate)은 1,000 Hz, 대역 필터(band pass filter)는 10~450 Hz, 노치 필터(notch filter)는 60 Hz를 사용하였다(Park 등, 2013). 표면 근전도 아날로그 신호는 아날로그-디지털 변환기에 의하여 변환되며, MyoResearch XP Master Edition 소프트웨어(MyoResearch XP Master Edition Software, Noraxon Inc, Scottsdale, USA)를 이용하여 저장 및 분석

하였다.

#### 4. 어깨뼈 익상 높이 측정

대상자에게 네발기기 자세를 취하게 하여 양 손과 양 무릎으로 체중을 지지하게 하였다. 팔꿈관절은 완전히 펴고, 무릎관절을 90 ° 굽힘하도록 하였다. 몸통을 똑바로 편 상태에서 척추와 어깨뼈를 최대한 중립자세로 유지하도록 하였다. 이 자세에서 어깨뼈 안쪽모서리가 돌출되는 높이를 측정하기 위해 캘리퍼스(Digital calipers, Bluetec, Daejeon, Korea)와 30 cm 자를 사용하였다. 양쪽 어깨뼈 안쪽모서리의 중간에 위치하는 등뼈의 가시돌기에서 어깨뼈 안쪽모서리가 돌출된 수직거리를 측정하였다(Fig 3).

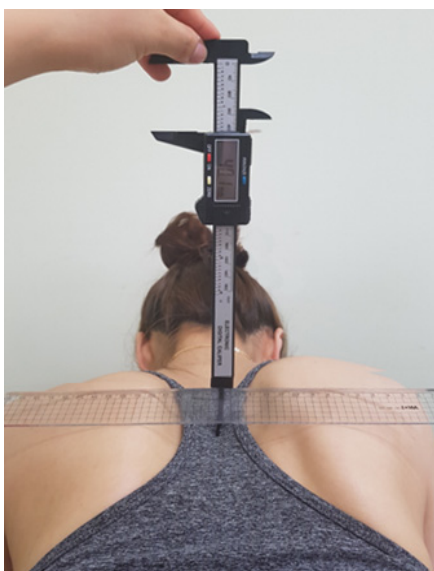


Fig 3. Measurement of scapular winging length

#### 5. 자료 분석

자료 분석은 SPSS 23.0 Version(SPSS 23.0 Version, IBM SPSS Inc, Armonk, USA)을 이용하여 통계처리 하였다. 무릎 푸쉬업플러스 운동과 진동을 적용한 무릎 푸쉬업플러스 운동 전·후의 어깨안정근 근활성도와 어깨뼈 익상 높이의 변화를 분석하기 위해 대응표본 t-검정 (paired t-test)을 이용하였으며, 그룹 간 비교는 Levene의 등분산 검정을 통해 정규성 검정을 만족하여 독립표본 t-검정(independent t-test)을 이용하여 분석하였다. 통계학적 유의 수준은 .05로 설정하였다.

### Ⅲ. 결 과

#### 1. 연구 대상자의 일반적 특성

본 연구에 참여한 대상자는 대조군 14명, 실험군 14명으로 여성 28명이며, 연령, 신장, 체중에 대한 동질성 검정에서 두 그룹 모두 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(Table 1).

#### 2. 중재 전·후의 근활성도 및 어깨뼈 익상 높이

##### 1) 중재 전·후의 근활성도

앞톱니근 근활성도는 두 그룹 모두에서 통계학적으로 유의한 증가가 나타났으며( $p < .05$ ), 위등세모근 근활성도는 두 그룹 모두에서 통계학적으로 유의한 감소가 나타났다( $p < .05$ ). 앞톱니근에 대한 위등세모근의 근활성도 비율은 통계학적으로 유의한 감소를 나타냈다( $p < .05$ )(Table 2).

Table 1. General characteristics of subjects

Variables	Control group (n=14)	Experimental group (n=14)	p
Age (year)	28.13±3.85	27.46±3.11	.237
Height (cm)	162.06±3.67	163.20±6.32	.101
Weight (kg)	56.40±6.25	52.60±5.94	.930

Table 2. The comparison of muscle activation between pre-test and post-test (%MVIC)

Muscle	Group	pre/post	Muscle activation	<i>p</i>
Serratus anterior	Control group	pre	16.96±4.66	.000
		post	61.69±17.42	
	Experimental group	pre	13.58±5.02	.000
		post	73.99±13.39	
Upper trapezius	Control group	pre	13.65±4.55	.035
		post	11.12±4.75	
	Experimental group	pre	13.69±4.98	.000
		post	7.31±2.52	
Ratio of UT/SA	Control group	pre	0.83±0.26	.000
		post	0.23±0.21	
	Experimental group	pre	0.99±0.49	.000
		post	0.10±0.37	

UT; upper trapezius, SA; serratus anterior

## 2) 어깨뼈 익상 높이

어깨뼈 익상 높이는 두 그룹 모두에서 중재 전에 비해

중재 후에 통계학적으로 유의한 감소를 나타내었다 ( $p<.05$ )(Table 3).

Table 3. The comparison of scapular winging length between pre-test and post-test (Unit: mm)

Group	Pre/Post	Scapular winging length	<i>p</i>
Control group	Pre	34.30±3.90	.009
	Post	33.40±4.40	
Experimental group	Pre	34.40±4.40	.005
	Post	33.20±3.80	

## 3. 중재 후 그룹 간 근활성도 및 어깨뼈 익상 높이

### 1) 그룹 간 근활성도 비교

4주간의 중재 후 앞톱니근 근활성도에서 그룹 간 통

계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p<.05$ ). 위등세모근 근활성도에서 그룹 간 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p<.05$ ). 앞톱니근에 대한 위등세모근의 근활성도 비율에서 그룹 간 통계학적으로 유의한 차이가 없었다 ( $p>.05$ )(Table 4).

Table 4. The comparison of muscle activation between control group and experimental group at post-test (Unit: %MVIC)

Muscle	Control group	Experimental group	p
Serratus anterior	61.69±17.42	73.99±13.39	.046
Upper trapezius	11.12±4.75	7.31±2.52	.016
Ratio of UT/SA	0.23±0.21	0.10±0.37	.055

2) 그룹 간 어깨뼈 익상 높이 비교  
 4주간의 중재 후 어깨뼈 익상 높이에서 그룹 간 통계적으로 유의한 차이가 없었다(p>.05)(Table 5).

Table 5. The comparison of scapular winging length between control group and experimental group at post-test (Unit: mm)

	Control group	Experimental group	p
Scapular winging length	33.40±4.40	33.20±3.80	.892

#### IV. 고찰

운동손상 증후군(movement impairment syndrome)은 비정상적인 자세나 움직임으로 인해 특정 방향으로 반복적 스트레스가 가해져 나타나며, 팔이음뼈(shoulder girdle)의 운동손상 증후군 중 하나인 어깨뼈 익상은 충돌증후군, 돌림근띠 손상 등 이차적 문제의 주된 원인이 될 수 있다(Sahrmann, 2002). 어깨 부위의 운동손상에서는 특정 어깨 근육의 강화를 위한 운동 시 협력근의 근활성도가 함께 증가할 수 있으므로, 어깨뼈 익상에 대한 중재방법으로 앞톱니근의 근활성도를 증가시키고 위등세모근의 근활성도를 감소시키는 운동이 효과적이다(Tucker 등, 2010). 이를 위한 대표적인 운동이 푸쉬업플러스 운동이며(Decker 등, 1999; Ellenbecker와 Davies, 2001; Lehman 등, 2008), 최근에는 일반적 푸쉬업플러스 자세와 수정된 푸쉬업플러스 자세에서의 근활성도 비교(Shin 등, 2015), 푸쉬업플러스 시 지지면의 각도에 따른 근활성도 비교(Gu, 2015), 불안정한 지지면에서 푸쉬업플러스 운동 시의 근활성도 비교(Lee와 Bae, 2016) 등 푸

쉬업플러스 운동의 효과를 높이기 위한 다양한 방법들에 대한 연구도 이루어지고 있다.

본 연구에서는 팔에 가해지는 부하가 작고 앞톱니근을 효율적으로 활성화시킬 수 있는 수정된 푸쉬업플러스 방법인 무릎 푸쉬업플러스 운동(Decker 등, 1999)을 적용하였고, 무릎 푸쉬업플러스 운동의 효과를 높이기 위한 부가적 자극으로 진동자극을 적용하였다. 진동 자극은 더 많은 운동단위를 활성화시키므로(Cardinale와 Erskine, 2008), 본 연구에서는 높은 주파수와 진폭의 진동 자극을 적용하여 그 영향을 확인하고자 하였다.

어깨뼈 위쪽 돌림의 능력을 증진시키기 위한 효과적인 중재 방법으로 무릎 푸쉬업플러스가 추천되고 있으며(Kim과 Lee, 2012), Ludewig 등(2004)의 연구에서와 같이 본 연구에서도 무릎 푸쉬업플러스 운동 시 앞톱니근의 근활성도가 증가하였다. 또한, 무릎 푸쉬업플러스 운동 시 진동을 적용한 그룹에서 앞톱니근의 근활성도가 통계학적으로 유의하게 증가하였는데, 이러한 결과는 진동자극이 짧은 근방추-운동신경원 연결(short spindle-motor neurons connections)을 통해 척수반사의 흥

분 능력을 촉진시키고(Lebedev와 Poliakov, 1991), 근방추에 의한 알파운동신경원의 활성화 증가로 인해 운동단위의 동원과 수축빈도가 증가됨으로써 강한 근수축이 유발된 것으로 설명할 수 있다(Bosco 등, 1999; Wilcock 등, 2009). 팔에 적용한 진동자극으로 팔꿈관절 굽힘근의 신경 활동이 두 배 이상 증가하였음을 보고한 Bosco 등(1999)의 연구, 진동조건에서 등척성 자세를 실시하여 하지의 근활성도가 증가하였다고 보고한 Roelants 등(2006)의 연구, 어깨 부위에 진동 적용하여 어깨관절의 안쪽돌림과 바깥돌림의 최대토크가 증가하였음을 확인한 Hong 등(2010)의 연구를 통해서도 이러한 근거가 뒷받침된다. 특히, 본 연구에서와 같이 무릎 푸쉬업플러스 운동 시 앞뿔니근이 중력과 체중에 대응할 뿐만 아니라, 상하로 움직이는 진동에도 대응하여 반사적 근수축이 동반되므로(Hong 등, 2010), 앞뿔니근의 근활성도가 더욱 증가되었을 것으로 사료된다.

본 연구에서 무릎 푸쉬업플러스 운동 시 진동을 적용한 그룹에서 위등세모근의 근활성도가 통계학적으로 유의하게 감소되었고, 이는 상호억제(reciprocal inhibition)에 의한 결과로 볼 수 있다(Park 등, 2013). 상호억제란 주동근의 근방추에서 유입된 들신경 자극이 척수에서 운동신경원을 활성화시킴과 동시에 억제사이신경세포를 활성화시켜 길항근을 억제하는 현상을 말한다(Kisner 등, 2018). 어깨뼈의 위쪽돌림 시 앞뿔니근과 위등세모근은 협력근이지만 다른 관점에서 본다면 내뿔과 들임에 각각 작용하고, 상호적으로 운동을 제한하여 푸쉬업플러스 운동 시 두 근육은 주동근 혹은 길항근이 된다(Neumann, 2002). 본 연구에서는 무릎 푸쉬업플러스 운동 시 길항근으로 작용하는 위등세모근의 근활성도가 상호억제에 의해 감소되었다고 생각된다.

앞뿔니근에 대한 위등세모근의 근활성도 비율에서는 통계학적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 무릎 푸쉬업플러스 운동만 적용한 대조군보다 진동을 함께 적용한 실험군에서 더욱 낮은 근활성도 비율을 나타내어 의미 있는 결과라고 생각된다. 앞뿔니근에 대한 위등세모근의 비율에서 통계학적 차이가 나타나지 않은 것은 앞뿔니근의 증가폭에 비해 위등세모근의 감소폭이 작았기 때문으로 생각되며, 이는 길이-장력 관계(length-tension relationship)와 관련이 있다고 할 수 있다.

근육이 생성하는 힘은 근섬유에 전달된 자극과 함께 근육의 길이와 속도에 의해서 결정되고, 그 힘은 중간 정도의 근육 길이에서 가질 때 가장 큰 힘을 생성하게 된다(Lieber, 2002; Szeto 등, 2002). Shim 등(2016)의 연구에서도 위팔을 0°, 90° 안쪽돌림 하였을 때 보다 45° 안쪽돌림 하였을 때, 상대적으로 높은 앞뿔니근 및 낮은 위등세모근의 근활성도가 측정되었다. 본 연구에서는 무릎 푸쉬업플러스 운동 시 위팔 돌림이 일어나지 않도록 통제하였고, 앞뿔니근과 위등세모근의 길이-장력 관계에 대해서 고려하지 않았으므로 앞뿔니근의 증가폭보다 위등세모근의 감소폭이 작은 결과가 나타난 것으로 생각된다. 그리고 무릎 푸쉬업플러스는 어깨뼈 익상 감소에 효과적인 방법으로(Kim과 Lee, 2012), 본 연구에서도 두 그룹 모두 중재 후 어깨뼈 익상 높이에서 유의한 차이가 있었으나, 진동의 적용 유무에 따른 어깨뼈 익상 높이에서 유의한 차이가 나타나지 않았는데, 이는 어깨뼈 익상 높이의 변화가 구조적인 변화를 동반해야 하므로 4주간의 중재 기간이 충분하지 않았을 것으로 판단된다.

본 연구에서 무릎 푸쉬업플러스 운동이 앞뿔니근의 선택적 강화와 위등세모근의 상대적 억제에 효과가 있었으며, 무릎 푸쉬업플러스 운동을 수행하는 동안 진동의 적용은 더욱 유의미한 결과를 나타내었다. 그러나 연구 대상자가 적었으므로, 모든 어깨뼈 익상 환자에게 일반화하기에 어려움이 있으며, 근전도 측정 시 근전도 부착 위치나 대상자들의 움직임 등에 의해 근전도 측정값의 오류 가능성도 있다. 또한, 본 연구의 중재 기간은 4주로 장기적인 중재 후의 추적 관찰이 필요하며, 어깨뼈 익상에 대한 임상적 적용을 위한 구체적인 프로토콜 개발을 위한 추가적 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

## V. 결론

본 연구에서는 어깨뼈 익상이 있는 성인을 대상으로 무릎 푸쉬업플러스 운동 시 진동이 어깨안정근 근활성도와 어깨뼈 익상 높이에 어떤 영향을 주는지 알아보았다. 연구 결과 진동을 적용한 무릎 푸쉬업플러스 운동

시 진동의 적용은 어깨뼈 익상이 있는 성인의 앞뿔니근 근활성도를 증가시키며, 위등세모근의 근활성도를 감소시킨다. 그러므로 어깨뼈 익상이 있는 성인의 앞뿔니근을 선택적으로 활성화시키며, 위등세모근을 억제하기 위한 운동으로 진동을 적용한 무릎 푸쉬업플러스 운동이 적절하다고 할 수 있다.

### 참고문헌

Bosco C, Colli R, Introini E, et al(1999). Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clin Physiol*, 19(2), 183-187.

Cardinale M, Erskine JA(2008). Vibration training in elite sport: effective training solution or just another fad?. *Int J Sports Physiol Perform*, 3(2), 232-239.

Cho WS, Park CB, Lim JH(2017). The effect of trunk strengthening exercise using oscillation on trunk muscle thickness and balance. *J Korean Soc Phys Med*, 12(2), 91-101.

Decker MJ, Hintermeister RA, Faber KJ, et al(1999). Serratus anterior muscle activity during selected rehabilitation exercises. *Am J Sports Med*, 27(6), 784-791.

Delecluse C, Roelants M, Verschueren S(2003). Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training. *Med Sci Sports Exerc*, 35(6), 1033-1041.

Ellenbecker TS, Davies GJ(2001). Closed kinetic chain exercise: a comprehensive guide to multiple joint exercise. Illinois, Human Kinetics, pp.87-117.

Gu Q(2015). The Changes of electromyographic activities in upper trapezius, serratus anterior and pectoralis major according to surface tilt angle during push-up plus exercise. Graduated school of Daegu University, Republic of Korea, Master's thesis.

Hislop HJ, Avers D, Brown M(2014). Daniels and Worthingham's muscle testing: techniques of manual

examination and performance testing. 9th ed, St. Louis, Elsevier Health Science, pp.80-91.

Hong J, Velez M, Moland A, et al(2010). Acute effects of whole body vibration on shoulder muscular strength and joint position sense. *J Hum Kinet*, 25(1), 17-25.

Jeon YJ, Choung SD, Kim SH, et al(2011). Selective activation of serratus anterior using electromyography biofeedback during push-up plus. *Phy Ther Kor*, 18(1), 1-8.

Kibler WB(1998). The role of the scapula in athletic shoulder function. *Am J Sports Med*, 26(2), 325-337.

Kim JS, Lee DY(2012). A effect of the shoulder stabilizer muscle activity during a push-up-plus on a different condition surface. *J Digit Policy Manage*, 10(1), 399-405.

Kim SE(2013). Influence of whole body vibration frequency on EMG activity of shoulder stabilizing muscles while maintaining push up plus position. Graduated school of Yonsei University, Republic of Korea, Master's thesis.

Kisner C, Colby LA, Borstad J(2018). Therapeutic exercise: foundations and techniques. 7th ed, Philadelphia, F.A Davis company, pp.195-197.

Lebedev MA, Poliakov AV(1991). Analysis of the interference electromyogram of human soleus muscle after exposure to vibration. *Neirofiziologiya*, 23(1), 57-65.

Lee KC, Bae WS(2016). Effect of push-up plus exercise on serratus anterior and upper trapezius muscle activation based on the application method of Togu. *J Korean Soc Integrative Med*, 4(2), 29-36.

Lehman GJ, Gilas D, Patel U(2008). An unstable support surface does not increase scapulothoracic stabilizing muscle activity during push up and push up plus exercises. *Man Ther*, 13(6), 500-506.

Levangie PK, Norkin CC(2011). Joint structure and function: a comprehensive analysis. 5th ed, Philadelphia, F.A Davis company, pp.230-270.

Lieber RL(2002). Skeletal muscle structure, function, and plasticity: the physiological basis of rehabilitation. 2nd



- ed, Philadelphi, Lippincott Williams & Wilkins, pp.45-112.
- Ludewig PM, Cook TM(2000). Alterations in shoulder kinematics and associated muscle activity in people with symptoms of shoulder impingement. *Phys Ther*, 80(3), 276-291.
- Ludewig PM, Hoff MS, Osowski EE, et al(2004). Relative balance of serratus anterior and upper trapezius muscle activity during push-up exercises. *Am J Sports Med*, 32(2), 484-493.
- Moon SJ, Kim TH, Roh JS(2013). A comparison of the serratus anterior muscle activity according to the shoulder flexion angles in a closed kinetic chain exercise and an open kinetic chain exercise. *J Korean Soc Phys Med*, 8(3), 369-378.
- Neumann DA(2002). *Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for physical rehabilitation*. St. Louis, Mosby Inc, pp.120-126.
- Paine RM, Voight M(1993). The role of the scapula. *J Orthop Sports Phys Ther*, 18(1), 386-391.
- Park JS(2007). A comparison of the shoulder stabilizer muscle activities during push-up plus between persons with and without winging scapular. Graduated school of Yonsei University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Park JS, Jeon HS, Kwon OY(2007). A comparison of the shoulder stabilizer muscle activities during push-up plus between persons with and without winging scapular. *Korean Res Soc Phys Ther*, 14(2), 44-52.
- Park KM, Cynn HS, Yi CH, et al(2013). Effect of isometric horizontal abduction on pectoralis major and serratus anterior EMG activity during three exercises in subjects with scapular winging. *J Electromyogr Kinesiol*, 23(2), 462-468.
- Roelants M, Verschueren SM, Delecluse C, et al(2006). Whole-body-vibration-induced increase in leg muscle activity during different squat exercises. *J Strength Cond Res*, 20(1), 124-129.
- Rothmuller C, Cafarelli E(1995). Effect of vibration on antagonist muscle coactivation during progressive fatigue in humans. *J Physiol*, 485(3), 857-864.
- Sahrman S(2002). *Diagnosis and treatment of movement impairment syndromes*. St. Louis, Mosby Inc, pp.193-262.
- Shim YH, Nam KS, Park JW(2016). Effect of glenohumeral joint rotation on serratus anterior, pectoralis major and upper trapezius EMG activity during push-up plus exercise. *J Kor Phys Ther*, 28(2), 106-111.
- Shin JW, Jeong HH, Kim SB, et al(2015). Comparison of scapular stabilizer and external oblique abdominis muscle activity on push-up. *Neurotherapy*, 19(3), 17-22.
- Szeto GP, Straker L, Raine S(2002). A field comparison of neck and shoulder postures in symptomatic and asymptomatic office workers. *Appl Ergon*, 33(1), 75-84.
- Tucker WS, Armstrong CW, Gribble PA, et al(2010). Scapular muscle activity in overhead athletes with symptoms of secondary shoulder impingement during closed chain exercises. *Arch Phys Med Rehabil*, 91(4), 550-556.
- Wilcock IM, Whatman C, Harris N, et al(2009). Vibration training: could it enhance the strength, power, or speed of athletes?. *J Strength Cond Res*, 23(2), 593-603.