

*Original Article*

## 어깨 불안정성환자에게 각도에 따른 슬링 운동이 앞톱니근의 근 활성도 변화

박찬희

연세대학교 물리치료학과 대학원생

### Changes in Serratus Anterior Muscle Activity According to Sling Angle in Participants with Shoulder Instability

Chan-hee Park

*Department of Physical Therapy, Yonsei University, Wonju*

#### ABSTRACT

**Background:** The serratus anterior and upper trapezius muscles act synergistically to allow for an appropriate scapulothoracic rhythm. However, a decrease in serratus anterior activation causes the upper trapezius to become overactivated, resulting in dysfunction. This study compared serratus anterior and upper trapezius muscle activity according to sling angle and compared serratus anterior strength between healthy adults and patients with shoulder instability.

**Methods:** Twenty participants (10 healthy adults and 10 patients with shoulder instability) were included in this study. The participants had their arms extended at sling angles of 30°, 60°, and 90° in reach forward with shoulder flexion using goniometer. Serratus anterior strength was measured three times while the participants were supine. The outcome measures were surface electromyography amplitude of the upper trapezius and serratus anterior and serratus anterior strength.

**Results:** The Wilcoxon signed-rank test indicated that the upper trapezius was significantly different between healthy group and shoulder instability group at a sling angle of 60°, and both the upper trapezius and serratus anterior exhibited significant differences at 90°. Moreover, a significant difference was noted in the muscle strength of the serratus anterior.

**Conclusion:** Our results provide novel and promising clinical evidence that patients with shoulder instability have decreased serratus anterior activation and upper trapezius overactivation, resulting in muscle imbalance. In addition, there was a significant difference between the healthy group and shoulder instability group in the serratus anterior muscle strength

#### Key Words:

Shoulder instability, Sling exercise, Electromyography, Serratus anterior, Upper trapezius

교신저자: 박찬희

주소: 26493, 강원도 원주시 연세대길 1 백운관 223호, E-mail: chaneesm@gmail.com

## I. 서론

신체의 부적절한 영향을 미치는 생활방식으로 인한 근육 불균형, 근육 약화 등의 여러 기전으로 인해 만성 통증을 동반한 근골격계 질환(e.g. 오십견, 어깨충돌증후군 등)을 앓고 있다. 특히, 앞톱니근과 위등세모근의 근육 불균형은 어깨뼈를 불안정화시키는 주요 원인으로 알려져 있다(Lear와 Gross, 1998; Inman과 Abbott, 1996).

앞톱니근과 위등세모근은 적절한 어깨 흉부 리듬을 이용하는 시너지 작용으로 주로 수행되며, 견갑상완리듬 근육의 길이-장력 관계를 유지하고, 위팔뼈를 올리는 동안 어깨의 정상적인 생체역학에 중요한 작용을 하게 된다(Rundquist와 Ludewig, 2004; Lear와 Gross, 1998; Inman과 Abbott, 1996).

이전연구에 따르면 어깨 불안정성환자의 앞톱니근의 표면 근전도 활동이 감소함으로 인하여, 위등세모근의 과도한 활동이 관찰되어 충돌 증후군과 같은 어깨 통증을 유발하였다(Page, 2011; Selkowitz 등, 2007; Ludewig와 Cook, 2002; Bigliani와 Levine, 1997). 앞톱니근 및 위등세모근의 운동 동원의 약화 또는 변화가 충돌의 원인인지는 알려지지 않았다.

하지만, 다양한 어깨 재활치료의 목표는 정상적인 견갑상완리듬을 회복하는 것이며, 이를 위해서는 위등세모근의 억제 및 앞톱니근의 활성화 초점을 맞춘 운동이 필요하다. 그중에서도 어깨의 닫힌 사슬 운동은 기계 수용체(mechanoreceptors)를 자극하는 것으로 나타났으며, 앞톱니근의 활성화를 통하여 적절한 어깨 안정화에 기여하는 것으로 밝혀졌다(Karandikar와 Vargas, 2011; McMullen과 Uhl, 2000).

불안정한 지지 기반의 슬링 운동을 이용한 닫힌 사슬 운동은 근육운동에 대한 반응으로 신경근 적응을 촉진하는 데 주로 사용된다(De mey 등, 2014; Jeong 등, 2014; Huang 등, 2011; De Araujo 등, 2009). 일부 연구자들은 고유감각을 개선하고, 항중력 운동을 강화하기 위해 다양한 근골격계 질환의 치료에 유용하다는 것을 연구하였다(Cools 등, 2007).

하지만, 어깨 불안정성환자의 슬링 운동 이용 시, 각도에 따른 앞톱니근 및 위등세모근의 활성화를 비교한 논문이 없을 뿐만 아니라, 어깨 불안정성환자의 앞톱니근의 표준화된 근력을 측정할 논문은 없었다.

따라서 이번 연구의 목적은 각각의 슬링 각도(30°, 60°, 90°)에서 앞톱니근과 위등세모근의 근 활성도를 비교하는 것이다. 또한, 앞톱니근의 표준화된 근력을 알아

보는 것이다.

본 연구의 가설은 정상인과 어깨 불안정성 특정 각도 내에서 환자 간의 근 활성화도 및 앞톱니근의 근력 차이가 있을 것이다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상자

어깨뼈의 내밀에 관련된 환자-대조군 연구이다. 총 10명의 어깨 불안정 그룹과 10명의 어깨에 대한 병력이 없는 대상으로 Y 대학교 내에서 모집되었다. 어깨 통증 병력이 3개월 미만이면 실험군에 포함되었고, 앞가쪽어깨 부위의 통증이 시각적 통증 척도 (VAS)가 3~5점인 대상자들로 진행을 하였다. 그리고 벽 밀기 시, 시각적으로 아래 각도에서 봤을 경우 견갑골 익상이 구분되면 실험군으로 구분하였다(Hanchard 등, 2013)(Figure 1). 어깨 수술, 목 통증과 관련된 통증, 오십견, 견쇄관절의 손상, 상완와 관절의 퇴행성 관절염이 있는 경우는 제외하였다.



Figure 1. Push wall test

### 2. 실험도구 및 측정방법

#### 1) 근전도 신호 및 수집분석

표면 근전도 신호에 대한 피부 표면의 저항을 제거하기 위해서 면도칼로 제모 후, 소독용 알코올로 피부 저항을 제거하고, 전극을 피부에 부착하였다. 피부의 움직

임으로 인한 전극 부착지점의 이동을 최소화하기 위해 옆으로 누워 오목위팔관절 90° 굽힘 자세에서 전극을 부착하였다.

정상인은 견측, 어깨불안정성환자는 각각 환측 앞톱니근, 위등세모근에 표준화된 참고문헌을 참고하여, 20mm 인 양극성 근전도 표면전극(Ag/AgCl surface bipolar electrodes)을 수직 방향으로 부착하였다(Cram, 2004)(Figure 2).

위등세모근은 제7번 목뼈 가지돌기와 어깨 봉우리 바깥쪽의 중간 지점에, 앞톱니근은 어깨뼈 아래 각 높이에 서 넓은등근 안쪽으로 거드랑이에 부착하였다. 접지전극(ground electrode)은 측정하는 반대 측의 빗장뼈에 부착하였다(Cram, 2004). 본 연구에서는 근육의 활동전위를 정량화하기 위해 각 근육에 대한 맨손 근력 검사를 통해 최대 등척성 수축(maximal voluntary isometric contraction: MVIC) 동안 근활성도를 측정하였다(Mckenna 등, 2020). MVIC의 측정 자세는 Kendall의 근력검사방법을 이용하였다(Kendall 등, 1993).

MVIC에 대한 5초 동안의 각 근육 별 근전도 신호는 root mean square(RMS) 방법으로 처리한 후 처음과 마지막 1초를 제외한 중간 3초 동안의 평균 근전도 신호량을 사용하였고, 슬링운동을 하는 동안, 각 근육별 근전도 신호량은 RMS 방법으로 처리한 후 그 중앙값을 분석에 활용하여 %MVIC를 산출하였다. MVIC에 대한 근전도 신호량 수집은 각각 3회 실시한 근전도 신호의 평균값을 사용하였고 측정 간 근 피로 방지를 위해 1분간 휴식 시간을 주었다.



Figure 2. Electrode reference

## 2) 어깨 굽힘 각도에 따른 근력 측정

대상자는 침대에 누운 상태에서 탄력성 있는 줄을 밟으므로써, 2개의 load cell KEMA 센서(KOREATECH Inc, Seoul, Korea)는 어깨뼈 내미 근력을 측정하는 데 사용

하였다. 센서를 이용하여 측정한 데이터는 블루투스 네트워크를 통해 안드로이드 태블릿 PC(Samsung, Seoul, Korea)로 전송하고 스마트 KEMA 어플리케이션(KOREATECH Inc, Seoul, Korea)을 이용하여 분석하였다. 데이터는 5초 동안 기록되었고, 중간 3초의 평균값이 기록된다(Figure 3).

또한, 어깨의 굽힘 각도는 슬링 각도를 통하여 구분하였다. 어깨의 굽힘 각도를 측정하기 위하여 스마트 KEMA 모션센서(KOREATECH Inc, Seoul, Korea)를 사용했다. 모션센서에는 3축 자이로스코프, 자력계, 가속도계 및 신호 변환기와 신호 전송 센서가 포함되어 있다. 모션센서의 데이터는 25Hz 샘플링 주파수로 기록되고, 스마트 KEMA 소프트웨어를 사용하여 안드로이드 태블릿 PC로 전송하였다.

근력의 정량화를 위해 체중으로 나누어 몇 퍼센트의 힘으로 전인을 하는지 측정하였다(Gwak 등, 2020).

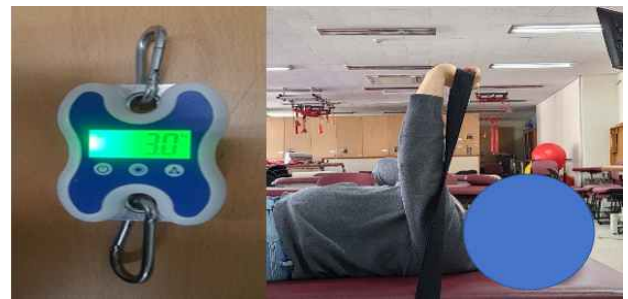


Figure 3. Serratus anterior strength test

## 3) 실험과정

대상자는 먼저 침대에 누운 상태에서 스마트 KEMA 센서를 통하여, 최대 어깨 내미힘을 측정을 한다. 3번 반복측정을 통하여, 평균값을 측정한다. 그다음, 대상자들은 슬링에 손을 얹고, 각도에 따라 측정하였다.

먼저, 대상자는 시작 신호와 동시에 어깨 굽힘 각도 30도를 향해 슬링을 앞으로 내민다. 30도에 도달하게 되면 연구자는 정지신호를 주고, 대상자는 5초 동안 30도를 유지한 상태로 근전도 RMS 값을 측정한다. 5초가 지나면 다시 원상태로 복귀를 한 뒤, 총 3번 반복 측정한다.

두 번째, 어깨 굽힘 각도 60도를 향해 가면, 연구자는 정지신호를 다시 주게 된다. 60도에서 5초 동안 각도를 유지하고, 근전도 RMS 값을 측정한다.

세 번째, 90도를 향해 가게 되고, 연구자는 정지신호를 주게 되면 90도에 5초 동안 유지를 한다.

각각의 근전도 RMS 값을 측정하고, 3번 반복측정하고, 각각의 측정 후에는 1분간의 휴식 시간을 제공하였다. 모든 운동은 대상자들이 안전을 위해 충분한 연습 과정 및 아래에는 요가 매트를 깔고 진행하였다(Figure 4).



Figure 4. Measured the EMG according to shoulder ROM

### 3. 분석방법

결과는 평균±표준편차로 표기하였다. 자료의 분석은 SPSS Window version 25.0(IBM, Washington, USA) 프로그램을 사용하였다. 자료의 정규성 검정은 Shapiro-wilk 검정을 통하여 비모수 검정임을 확인하였으며, 두 그룹 간의 슬링 각도에 따른 앞톱니근과 위등세모근의 근 활성화도 비교 및 앞톱니근의 근력을 비교하기 위하여, Wilcoxon signed rank 검정을 사용하였다. 통계학적 유의수준은  $\alpha=.05$ 로 정하였다.

## III. 연구결과

### 1. 연구대상자의 일반적 특성

연구대상자의 일반적 특성에서 성별은 두 군 모두 남성이었다. BMI는 일반인 군은  $24.28 \pm 3.09 \text{ kg/m}^2$ 였으며 어깨 불안정군은  $23.79 \pm 2.12 \text{ kg/m}^2$ 이었다. 체중은 일반인 군은  $73.19 \pm 3.79 \text{ kg}$ 이었으며, 어깨 불안정군은  $82.12 \pm 8.59 \text{ kg}$ 이었다. VAS는 일반인은 0점이었으며, 어

깨 불안정군은  $3.28 \pm .78$ 점이었다.

Chi-square 통계법을 통하여 실험군과 대조군 간의 유의한 차이가 없었다( $p>.05$ )(Table 1).

Table 1. Demographic and clinical characteristics in participants

	Healthy group (n=10)	SI group (n=10)	p
Sex (M/F)	10/0	10/0	-
BMI ( $\text{kg/m}^2$ )	$24.28 \pm 3.09^a$	$23.79 \pm 2.12$	.800
Weight (kg)	$73.19 \pm 3.79$	$82.12 \pm 8.59$	.442
VAS(score)	0	$3.28 \pm .78$	.011

<sup>a</sup>Mean±SD

BMI: Body mass index

VAS: Visual analogue scale

SI: Shoulder instability

## 2. 근 활성화도 및 근력 비교

### 1) 정상인과 어깨불안정성환자의 슬링 각도에 따른 근 활성화도 비교

Wilcoxon signed rank 검정을 통하여 60도에서는 위등세모근만 차이가 있었고, 90도에서는 두 근육 모두 통계적으로 유의한 차이가 있음을 확인하였다 ( $p<.05$ )(Table 2).

Table 2. Comparison of muscle amplitude

		Healthy group (n=10)	SI group (n=10)	p
UT	30°	$8.19 \pm 2.89^b$	$12.78 \pm 1.67$	.142
	60°	$15.78 \pm 1.67$	$22.56 \pm 2.67$	.039
	90°	$31.22 \pm 5.13$	$42.48 \pm 4.29$	.018
SA	30°	$18.67 \pm 1.28$	$14.29 \pm 3.26$	.259
	60°	$29.32 \pm 4.83$	$27.33 \pm 5.71$	.232
	90°	$46.17 \pm 8.67$	$32.78 \pm 7.89$	.039

<sup>a</sup>Mean(%MVIC)±SD

SI: Shoulder instability

UT: Upper trapezius

SA: Serratus anterior

## 2) 정상인과 어깨 불안정성환자의 등척성 근력 비교

어깨 불안정성이 있고 없음에 따라 앞톱니근의 등척성 근력을 측정하여, 체중으로 나누었다. 두 그룹 간의 통계적 유의성이 있었음을 확인하였다( $p < .05$ )(Table 3).

**Table 3.**  
Isometric strength of serratus anterior

Isometric strength	Healthy group (n=10)	SI group (n=10)
Protraction(N)	29.27±6.18 <sup>a</sup>	20.65±2.01
% kg	39.98%	25.15%
p	.001	

<sup>a</sup>Mean(%MVIC)±SD

## IV. 고찰

### 1. 연구방법에 대한 고찰

본 연구는 대표적인 닫힌 사슬 운동 중 하나인 슬링에서 어깨 불안정성환자와 정상인그룹 간의 위등세모근 및 앞톱니근의 근 활성화도 차이를 각도별로 확인하고, 앞톱니근의 근력을 체중으로 나눈 최초의 연구이다. 우리의 가설대로 정상인과 어깨 불안정성환자는 슬링 각도에 따라 근 활성화도 차이가 나타났음을 알 수 있다. 특히, 90도 각도에서는 앞톱니근과 위등세모근 모두 유의한 차이가 있음을 알 수 있다( $p < .05$ ). 또한, 60도 각도에서도 위등세모근에서는 유의한 차이가 나타났음을 알 수 있다( $p < .05$ ). 그리고 앞톱니근의 근력에서는 정상인그룹과 어깨 불안정성환자 간의 유의한 차이가 나타남을 알 수 있다( $p < .05$ ).

위팔뼈가 올라갈 때, 앞톱니근은 견갑골의 상부 회전 및 후방 기울임을 도와주는 역할을 하고, 견갑골을 흉추와 평평하게 만들어 견갑골 익상을 막아준다(Didesch와 Tang, 2019; Ekstrom 등, 2004).

하지만, 앞톱니근의 약화된 활성화는 대체된 견갑골 운동학과 관련이 있으며, 어깨 충돌 증후군의 기본 메커니즘으로 제시된다. 또한, 앞톱니근의 근 활성화 약화는 위등세모근의 보상적 과잉 활성화로 이어진다(Didesch와 Tang, 2019; Ekstrom 등, 2004). 위등세모근의 과잉 활성화는 과도한 견갑골 상승을 포함하여, 추가적인 견갑골 운동학적 결함으로 이어진다. 예를 들어, 어깨가 으쓱하는 동작(Shrug motion)이 발생하는데 이것은 어

깨 거상의 정상적인 운동 동원 순서가 변형되어 발생하는 것이다(Comerford와 Mottram, 2001).

### 2. 연구결과에 대한 고찰

Jeong 등(2014)에 의하면, 정상인(여자 10명)을 대상으로 슬링과 평평한 면에서 각각 두 그룹으로 나뉘어 push-up plus를 진행했다. 위등세모근의 경우 평평한 면보다 슬링 상태에서 48% 증가하였고, 앞톱니근은 88% 증가하였다. 두 근육 모두 증가하였지만, 위등세모근/앞톱니근 비율로 보았을 때는 슬링 상태에서 더 낮음(0.77 vs 1)을 볼 수 있다.

Santos와 Aruin(2009)에 의하면, 감소한 지지 면에서 더 많은 근육이 무게중심을 유지하기 위하여 근육 수축이 일어난다고 한다. 이러한 이유로 슬링 운동은 어깨 불안정성환자 및 견갑골 익상의 많은 치료 방법으로 추천되고 있다. 앞톱니근의 활성화는 어깨 불안정성환자 및 견갑골 익상이 있는 대상자에게는 필요로 하는 운동이다. 근육 불균형의 관점에서 설명하자면, 상대적 유연성(relative flexibility) 혹은 상대적 경직(relative stiffness) 개념을 Sharmann(2013)은 주장하였다.

본 연구에서는 앞톱니근의 운동성 및 활성화 감소로 위등세모근의 과 운동성을 일으켜 어깨 불안정성 또는 견갑골 익상을 발생시킨다고 할 수 있다. 하지만, 슬링 기반 운동은 통제된 불안정한 환경을 제공하기 위해 제안되어 개인이 다양한 수준의 운동을 수행할 수 있다(Huang 등, 2011). 본 연구에서는 슬링의 각도에 따른 정상인과 어깨 불안정성환자의 근전도 센서를 통하여 근 활성도를 비교하는데, 효과적임을 확인하였다.

하지만 연구의 제한점은 20명을 대상으로 진행하여, 모든 어깨 불안정성환자에게 일반화하기 어렵다. 그리고 중재를 통한 효과 비교가 아니라 단순 비교 연구이기 때문에 슬링의 각도가 어깨 불안정성환자의 효과를 미친다고 설명하기도 어렵다. 추후 연구에서는 슬링 각도에 따른 앞톱니근의 활성도를 비교하여, 어깨 불안정성환자 또는 견갑골 익상 대상자에게 적용을 통한 효과적인 슬링 운동에 관한 연구가 필요할 것으로 생각한다.

## V. 결론

본 연구는 슬링 각도에 따른 정상인과 어깨불안정성환자의 근 활성화도 비교 및 앞톱니근 근력을 비교하였다. 정상인과 어깨 불안정성환자는 앞톱니근과 위등세모근의 근 활성화도의 차이가 있었고, 특히 90도에서는 유의한 차

이가 있었음을 알 수 있었다.

1. 슬링 각도 60도에서는 정상인과 어깨 불안정성환자의 위등세모근에서 유의한 차이가 나타났다 ( $p < .05$ ).
2. 슬링 각도 90도에서는 정상인과 어깨 불안정성환자의 위등세모근과 앞톱니근에서 유의한 차이가 나타났다 ( $p < .05$ ).
3. 앞톱니근의 근력은 정상인과 어깨 불안정성환자에서 유의한 차이가 나타났음을 알 수 있다 ( $p < .05$ ).

## 참고문헌

- Bigliani LU, Levine WN. Current concepts review-subacromial impingement syndrome. *JBJS*. 1997;79(12):1854-1868. <https://doi.org/10.2106/00004623-199712000-00012>.
- Bruce M, Frank WJ, Marilyn P, et al. EMG analysis of the scapular muscles during a shoulder rehabilitation program. *Am J Sports Med*. 1992;20(2):128-134. <https://doi.org/10.1177/036354659202000206>.
- Comerford, MJ, Mottram, SL. Movement and stability dysfunction-contemporary developments. *Man Ther*. 2001;6(1):15-26. <https://doi.org/10.1054/math.2000.0388>.
- Cools AM, Dewitte V, Lanszweert F, et al. Rehabilitation of scapular muscle balance: which exercises to prescribe?. *Am J Sports Med*. 2007;35(10):1744-1751. <https://doi.org/10.1177/0363546507303560>.
- Cram, JR. Biofeedback applications. Electromyography: Physiology, engineering, and noninvasive applications. hoboken (NJ): John Wiley & Sons, Inc. 2004:435-452.
- De araujo RC, Tucci HT, De andrade R, et al. Reliability of electromyographic amplitude values of the upper limb muscles during closed kinetic chain exercises with stable and unstable surfaces. *J Electromyogr Kinesiol*. 2009;19(4):685-694. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2007.11.014>.
- De mey K, Danneels L, Cagnie B, et al. Shoulder muscle activation levels during four closed kinetic chain exercises with and without Redcord slings. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2014;28(6):1626-1635. <https://doi.org/doi:10.1519/JSC.00000000000000292>.
- Didesch JT, Tang P. Anatomy, etiology, and management of scapular winging. *J Hand Surg Eur Vol*. 2019;44(4):321-330. <https://doi.org/doi:10.1016/j.jhsa.2018.08.008>
- Ekstrom RA, Bifulco KM, Lopau CJ, et al. Comparing the function of the upper and lower parts of the serratus anterior muscle using surface electromyography. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2004;34(5):235-243. <https://doi.org/10.2519/jospt.2004.34.5.235>.
- Eom, MY, Chung, SH, Ko, TS. Effects of bridging exercise on different support surfaces on the transverse abdominis. *Journal of Physical Therapy Science*. 2013;25(10):1343-1346. <https://doi.org/10.1589/jpts.25.1343>.
- Gwak, GT, Ahn SH, Kim JH, et al. Prediction Model for the Risk of Scapular Winging in Young Women Based on the Decision Tree. *Physical Therapy Korea*. 2020;27(2):140-148. <https://doi.org/10.12674/ptk.2020.27.2.140>.
- Hanchard NC, Lenza M, Handoll HH, et al. Physical tests for shoulder impingements and local lesions of bursa, tendon or labrum that may accompany impingement. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2013;4.CD007427. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD007427.pub2>.
- Hody S, Croisier JL, Bury T, et al. Eccentric muscle contractions: risks and benefits. *Frontiers in Physiology*. 2019;10:1-18. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00536>.
- Huang JS, Pietrosimone BG, Ingersoll CD, et al. Sling exercise and traditional warm-up have

- similar effects on the velocity and accuracy of throwing. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2011;25(6):1673-1679. <https://doi.org/doi:10.1519/JSC.0b013e3181da7845>.
- Inman VT, Abbott LC. Observations of the function of the shoulder joint. *Clin Orthop Relat Res*. 1996;330:3-12. <https://doi.org/10.1097/00003086-199609000-00002>.
- Jeong, SY, Chung, SH, Shim, JH. Comparison of upper trapezius, anterior deltoid, and serratus anterior muscle activity during push-up plus exercise on slings and a stable surface. *Journal of Physical Therapy Science*. 2014;26(6):937-939. <https://doi.org/10.1589/jpts.26.937>.
- Karandikar N, Vargas O, Oscar O. Kinetic chains: A review of the concept and its clinical applications. *PM&R*. 2011;3(8):739-745. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2011.02.021>.
- Kendall FP, McCreary EK, Provance PG, et al. *Muscles: Testing and Function with Posture and Pain*. Baltimore, MD: Williams & Wilkins.
- Kim, SH, Park JC, Park JS, et al. Painful jerk test: A predictor of success in nonoperative treatment of posteroinferior instability of the shoulder. *Am J Sports Med*. 2004;32(8):1849-1855. <https://doi.org/10.1177/0363546504265263>.
- Lear LJ, Gross MT. An electromyographical analysis of the scapular stabilizing synergists during a push-up progression. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 1998;28(3):146-157. <https://doi.org/10.2519/jospt.1998.28.3.146>.
- Ludewig PM, Cook TM. Translations of the humerus in persons with shoulder impingement symptoms. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2002;32(6):248-259. <https://doi.org/10.2519/jospt.2002.32.6.248>.
- Mckenna LJ, Bonnett L, Panzich K, et al. The addition of real-time ultrasound visual feedback to manual facilitation increases serratus anterior activation in adults with painful shoulders: A randomized crossover trial. *Physical Therapy and Rehabilitation Journal*. 2021;101(3):pzaa208. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzaa208>.
- Mcmullen J, Uhl TL. A kinetic chain approach for shoulder rehabilitation. *J Athl Train*. 2000;35(3):329-337.
- Page P. Shoulder muscle imbalance and sub-acromial impingement syndrome in overhead athletes. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2011;6(1):51-68.
- Rundquist PJ, Ludewig PM. Patterns of motion loss in subjects with idiopathic loss of shoulder range of motion. *Clinical Biomechanics*. 2004;19(8):810-818. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2004.05.006>.
- Sahrmann, SA. *Diagnosis and Treatment of Movement Impairment Syndromes*. Elsevier Health Sciences. London. 2013.
- Santos MJ, Aruin AS. Effects of lateral perturbations and changing stance conditions on anticipatory postural adjustment. *J Electromyogr Kinesiol*. 2009;19(3):532-541. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2007.12.002>.
- Selkowitz DM, Chaney C, Stuckey SJ, et al. the effects of scapular taping on the surface electromyographic signal amplitude of shoulder girdle muscle during upper extremity elevation in individuals with suspected shoulder impingement syndrome. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2007;37(11):694-702. <https://doi.org/10.2519/jospt.2007.2467ospt.2007.24677>
- Smith TO, Dainty JR, Williamson E, et al. Association between musculoskeletal pain with social isolation and loneliness: analysis of the English Longitudinal Study of Ageing. *British Journal of Pain*. 2019;13(2):82-90.

<https://doi.org/10.1177/2049463718802868>.

논문접수일(Date received) : 2021년 01월 11일

논문수정일(Date Revised) : 2021년 01월 12일

논문게재확정일(Date Accepted) : 2021년 01월 30일