

Original Article

Open Access

## 3차원적 어깨재활운동 시 도수 저항의 강도에 따른 어깨안정근의 활성화도 및 비율

손민혁<sup>1</sup> · 노현빈<sup>1</sup> · 박두진<sup>2†</sup>

<sup>1</sup>부산가톨릭대학교 대학원, <sup>2</sup>부산가톨릭대학교 물리치료학과

### Activation and Ratio of Shoulder Stabilizer Muscles on Variations of Manual Resistance during Three Dimensional Shoulder Rehabilitation Exercises

Min-Hyeok Son, P.T., B.S.<sup>1</sup> · Hyun-Been Roh, P.T., M.S.<sup>1</sup> · Du-Jin Park, P.T., Ph.D.<sup>2†</sup>

<sup>1</sup>*Department of Physical Therapy, Graduate School, Catholic University of Pusan*

<sup>2</sup>*Department of Physical Therapy, College of Health Sciences, Catholic University of Pusan*

Received: August 6, 2024 / Revised: August 14, 2024 / Accepted: August 16, 2024

© 2024 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

#### | Abstract |

**Purpose:** The aim of this study was to compare the activation of shoulder stabilizer muscles to variations of manual resistance during three-dimensional shoulder rehabilitation exercises.

**Methods:** A total of 13 participants were included in this study. To normalize each muscle's activity, a maximal isometric voluntary contraction was performed by all participants. After receiving 30 minutes of training in three-dimensional shoulder rehabilitation exercises, participants randomly performed PNF arm and scapular patterns according to the intensities of manual resistance. The activities of the upper trapezius, lower trapezius, and serratus anterior were measured during these patterns. All exercises were performed for five seconds, and the average of three seconds, excluding the first and last seconds, was used for data analysis.

**Results:** Lower trapezius activity was significant among manual resistance intensities. In both the PNF arm and scapular patterns, using 80% manual resistance of maximum resistance showed higher activity of the lower trapezius muscle compared to 20% of the maximum resistance.

**Conclusion:** It is expected that PNF arm and scapular patterns, with varying intensities of manual resistance, can be used for early rehabilitation of patients with shoulder impingement syndrome.

**Key Words:** Muscle Stretching Exercises, Shoulder Joint, Trapezius, Manual resistance

†Corresponding Author : Du-Jin Park (djpark35@cup.ac.kr)

## I. 서론

어깨충돌증후군(Impingement syndrome)은 어깨관절의 굽힘과 벌림을 하는 동안 봉우리 밑 공간이 좁아짐에 따라 이 공간을 지나가는 연부조직들이 압박되고, 주로 돌림근띠의 힘줄, 봉우리 밑 점액주머니와 위팔뚝갈래근의 긴갈래 힘줄에 기계적인 압박과 마찰이 반복되어 염증이 발생하게 된다(Garving et al., 2017; Choo, 2019). 어깨충돌증후군은 원인에 따라 구조적 어깨충돌증후군과 기능적 어깨충돌증후군으로 나뉘며 구조적 어깨충돌증후군은 골화나 연부조직의 염증에 의해 어깨뼈 봉우리밑의 공간이 좁아지며 발생하고, 기능적 어깨충돌증후군은 근 약화나 근 불균형으로 인해 발생한다(Page, 2011). 정상적인 어깨관절 기능을 수행하기 위한 정적 자세와 동적 움직임 시 어깨뼈 봉우리밑 공간의 거리를 일정하게 유지하는 것이 중요하다(Luque-Suarez et al., 2013).

봉우리밑 충돌증후군환자들은 정상인에 비해 어깨관절 올림 시 아래등세모근과 중간등세모근의 근활성도는 감소되고, 위등세모근의 근활성도는 증가되었다(Jung et al., 2020). 대표적인 어깨충돌증후군의 기능적 문제는 돌림근띠 근육의 힘 감소, 어깨뼈 근육의 약화, 어깨뼈 및 어깨관절의 가동성 부족, 연부 조직의 병변 존재, 부적절한 움직임, 어깨관절 충격 증가를 들 수 있다(Samir et al., 2019). 특히 머리 위로 팔을 들어 올리는 활동이 많은 운동선수의 경우, 우세측 어깨의 과부하로 인해 가시위근의 힘줄 두께가 두꺼워지면서 어깨 봉우리 밑 공간의 거리가 감소하게 되면 팔을 움직일 때 충동을 발생시키는 원인을 제공할 수 있다(Michener et al., 2015). 또한, 팔의 벌림 시 위팔뚝의 큰 결절이 부리봉우리활과 충돌하지 않기 위해서는 위팔뚝가 가쪽돌림이 되어야 하며(Kisner et al., 2017), 앞뚝니근, 위등세모근, 아래등세모근 사이에 형성된 짝힘이 그 역할을 한다(Neumann, 2016).

어깨의 안정성은 위팔뚝머리가 관절오목에 적절한 정렬을 통해 부드럽게 유지되어야 제공된다(Myers et al., 2006). 어깨의 안정성을 개선시킬 수 있는 대표적

인 운동법으로는 어깨안정화운동이 있다. 어깨 안정화운동은 어깨가 중립위치에서 움직임을 원활히 할 수 있도록 설계된 운동법으로 어깨 주변 근육들의 정상적인 길이와 장력 관계를 회복하고, 안정적으로 유지될 수 있도록 고안되었다(Baskurt et al., 2011). 이는 여러 가지 유형의 어깨증후군을 회복하기 위한 운동으로 자주 사용된다(Littlewood et al., 2012).

Baskurt 등(2011)은 어깨 안정화 운동은 어깨 관절을 구성하는 근육들의 상호작용을 통하여 기능적인 팔의 움직임이 일어날 수 있도록 제한된 운동이며 관절의 위치감각 및 어깨 운동 이상의 개선을 보고한 바 있다. 재활 운동을 통해 이러한 근육들의 움직임을 적절히 조절하여 회복시킨다면 어깨뼈 봉우리밑 공간의 동적 협소는 호전될 것으로 기대할 수 있으며, 몇몇 선행 연구에서 소수의 실험군을 대상으로 통증 감소와 어깨관절 기능 개선에 긍정적인 결과를 얻었다(Roy et al., 2009; Worsley et al., 2013).

고유수용성신경근축진법(proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF)을 사용한 운동은 주로 가능한 최고의 기능 수준을 달성하기 위한 목적으로 사용한다(Maicki et al., 2017). 임상에서 근골격계 질환을 치료하는 중재 방법으로 PNF를 활용할 수 있다(Kim & Lee, 2017; Kim et al., 2019). PNF는 근육과 힘줄, 관절 내의 고유수용기, 인대를 자극하여 효과적으로 기능적 움직임을 만든다(Klein et al., 2002). 이 방법은 대각선과 나선 방향의 움직임을 이용하여 재활이 필요한 다양한 환자들의 근육 움직임을 촉진시키고 신체활동의 향상과 신경근 반응의 증가를 이끌어 내기 위해 사용된다(Hindle et al., 2012; Moreira et al., 2017).

PNF에는 3차원적인 움직임을 바탕으로 구성된 다양한 패턴이 존재하며, 그 중 어깨뼈 패턴과 팔 패턴은 어깨뼈 안정화를 촉진하기 위해 주로 사용된다(Adler et al., 2014). PNF 팔 패턴은 아래등세모근의 활성화에 효과적이라 보고하였으며(Ravichandran & Janakiraman, 2016), PNF 팔 패턴 중 어깨관절의 펌-벌림-안쪽 돌림은 어깨관절의 3차원적인 움직임을 통해 위등세모근의 활동을 최소화하고, 앞뚝니근을 선택적으로 활성화

화시킬 수 있는 패턴이라고 하였다(Witt et al., 2011). 최근 연구에서도 PNF의 3차원적인 어깨뼈 패턴이 아래등세모근과 앞톱니근의 활동을 선택적으로 강화하기 위해 사용될 수 있음을 보여주었다(Roh, 2023).

PNF 적용 시 도수 저항의 강도에 따른 효과를 규명하는 연구는 지속되고 있다. PNF 수축-이완 기법의 효과를 비교한 선행 연구에서는 최대 수의적 수축의 20%, 50~60%, 100% 도수 저항 강도에 대한 수축-이완 기법의 효과를 비교하였다(Kwak & Ryu, 2015; Sheard & Paine, 2010). 나아가 해당 기법을 적용하는 동안 최적의 수축 강도는 최대 수의적 수축의 64.3%를 추천하고 있으며(Sheard & Paine, 2010), 이를 활용한 연구들도 지속되고 있다(Kim & Park, 2022; Shin, 2018). 최근 PNF의 3차원적인 어깨뼈 및 팔 패턴의 효과를 분석한 연구는 지속되고 있으나(Park & Park, 2019; Roh, 2023), 저항의 적용 방법과 강도는 상반되어 있어 임상실무에 적용하는데 한계가 있다. 3차원적인 어깨뼈 및 팔 패턴을 임상 적용 시 도수 저항의 강도에 따른 어깨안정근의 활성화 및 비율을 분석하여 재활 단계에 따라 선택적으로 도수 저항을 조절할 수 있는 지침이 될 수 있을 것이다. 이에 본 연구는 3차원적인 어깨재활운동인 어깨뼈 및 팔 패턴을 수행하는 동안 최대 수의적 수축의 20, 50, 80%로 나누어 도수 저항을 적용하여 어깨안정근의 활성화 및 비율을 비교 분석하여 임상실무에서 PNF 패턴의 활용도를 높이고자

한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 선행 연구를 기반으로 12명의 연구 대상을 산출하였으며(Roh, 2023), 탈락률 15%를 고려하며 총 14명의 건강한 성인을 모집하였다. 모든 연구 대상자는 근골격계 및 신경계 손상이나 수술 병력이 없는 자로 선정하였다. 어깨 통증 및 어깨뼈 운동장애가 있거나 운동 수행이 불가능한 자는 제외하였다. 참가자 중 1명은 도수저항으로 인한 근피로를 호소하여 자발적으로 포기하였다(Fig. 1). 본 연구는 부산가톨릭대학교 생명윤리위원회에 승인을 받아 진행하였다(CUPIRB-2022-024).

### 2. 측정방법 및 도구

#### 1) 표면근전도

본 연구에서는 표면근전도(Ultium system, Noraxon Inc., USA)를 사용하여 3차원적 어깨재활운동을 수행하는 동안 근활성도를 측정하였다. 표면근전도의 표

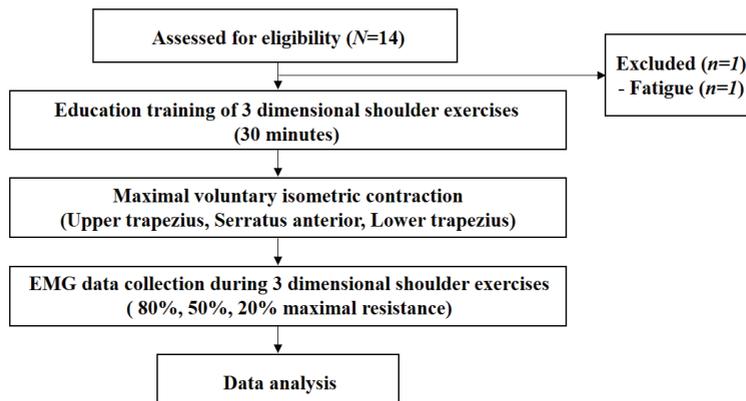


Fig. 1. Flow diagram of this study.

본추출율과 주파수 대역폭은 2,000Hz와 10~500Hz로 설정하였다(Ekstrom et al., 2003). 수집된 근활성도 신호는 프로그램을 이용하여 실효치 진폭(root mean square)을 분석하였다.

3차원적 어깨재활운동을 수행하는 동안 3가지 어깨안정근에 전극을 부착하였다. 위등세모근(upper trapezius, UT)은 목뼈 7번 가시돌기와 어깨봉우리돌기 사이의 중간 부위에 전극을 부착하였다. 아래등세모근(lower trapezius, LT)은 대상자가 어깨뼈를 뒤로 당기고 내린 다음 90°어깨 굽힘 하고, 전극은 어깨뼈 가시뿌리에서 8번 등뼈까지의 선에서 2/3 지점에 부착하였다(Hermens et al., 2000). 앞톱니근(serratus anterior, SA)의 경우, 어깨는 90°까지 벌리고, 전극은 갈비뼈 6~8번으로 겨드랑이 중간 지점을 따라 수직으로 배치되었다(Ekstrom et al., 2003). 피부에서 발생하는 저항을 최소화하기 위해 알코올 솜으로 피부의 이물질 제거 및 면도 후 Ag/AgCl 전극을 부착한다. 표면 전극은 우세측 팔에 부착하였으며, 우세측 팔은 공을 멀리 던지는 쪽으로 결정하였다.

### 2) 디지털 근력 측정기

본 연구에서는 도수 저항을 일정한 수준으로 유지하기 위해 디지털 근력 측정기(Muscle testing, JTECH Medical, USA)를 사용하였다. 실험 전 운동에 따른 최대 버틸 수 있는 저항을 측정하였으며, 최대 저항의 약 80%, 50%, 20% 도수 저항을 제공하였다. 그리고 3 단계의 저항 정도를 도수 저항으로 유지한 뒤 각 운동마다 적용하였다(Fig. 2).

### 3) 최대 수의적 등척성 수축

본 연구에서는 근활성도를 표준화하기 위하여 최대 수의적 등척성 수축(maximal voluntary isometric contraction, MVIC)을 측정하였으며, 근육별 측정 방법은 다음과 같다. 위등세모근은 앉은 자세에서 대상자들이 어깨를 올림하고, 검사쪽과 같은 방향으로 목을



Fig. 2. Digital muscle tester.

옆으로 굽힘, 반대 방향으로 돌린 상태에서 저항을 적용하는 동안 측정하였으며, 앞톱니근은 앉은 자세에서 어깨를 120~130°굽힘하고, 양손으로 각각 팔의 아래 방향과 어깨뼈 아래각의 안쪽돌림 방향으로 저항을 적용하는 동안 측정하였다(Kendall et al., 2005). 아래등세모근은 엎드려 누운 자세에서 대상자들이 어깨를 145°벌림하고, 엄지손가락이 천장을 향하게 한 상태에서 저항을 적용하는 동안 측정하였다(Hislop et al., 2013). 근육별 MVIC 측정은 5초간 수행하였으며, 처음 1초와 마지막 1초를 제외한 3초간의 평균값을 사용하였다.

### 4) 위등세모근/앞톱니근 및 위등세모근/아래등세모근 비율

어깨재활운동의 효과를 규명하기 위해, Cigercioglu 등(2022)의 연구에서 사용한 위등세모근/앞톱니근(UT/SA) 및 위등세모근/아래등세모근(UT/LT) 비율을 사용하였다. 해당 비율은 각 근육의 %MVIC값을 이용하여 산출하였다.

### 3. 실험 절차

#### 1) PNF 어깨뼈 패턴

선행 연구에서는 아래등세모근의 선택적인 강화를 위해 PNF 어깨뼈 패턴인 뒤쪽-내림(*posterior-depression*)을 추천하였으며(Roh, 2023), 해당 운동을 수행하는 동안 도수 저항의 강도를 조절하였다. PNF 어깨뼈 패턴(*scapular pattern*, SP)은 옆으로 누운 자세에서 대상자의 우세측 어깨를 앞쪽-올림(*anterior-elevation*) 자세를 시작 자세로 하여, 뒤쪽-내림을 목표 자세로 하여 도수 저항을 제공하였다(Adler et al., 2014)(Fig. 3). 도수 저항은 패턴의 중간 범위에서 디지털 근력 측정기를 사용하여 최대 수의적 등척성 수축을 측정할 값을 기준으로 20%, 50%, 80%로 점진적으로 증가시켜 적용하였으며, 운동 중 최대한 저항을 일정하게 유지하기 위하여 각 저항별로 측정 전 디지털 측정기를 사용하여 PNF 어깨뼈 패턴을 2회 반복 숙달하였고, 5초간 뒤쪽-내림 패턴을 각 저항별로 3회 실시하는 동안 근활성도를 측정하였다.



Fig. 3. PNF scapular pattern.

#### 2) PNF 팔 패턴

PNF 팔 패턴(*arm pattern*, AP)은 어깨뼈 패턴과 동일한 자세인 옆으로 누운 자세에서 대상자의 우세측 팔에 적용하였으며, 뒤쪽-내림과 연관된 팔의 굽힘-모음

-가쪽돌림(*flexion-adduction-external rotation*)을 시작 자세로 하여 펴-벌림-안쪽돌림(*extension-abduction-internal rotation*)을 목표 자세로 하여 도수 저항을 제공하였다(Adler et al., 2014)(Fig. 4). 도수 저항은 패턴의 중간 범위에서 디지털 근력 측정기를 사용하여 최대 수의적 등척성 수축을 측정할 값을 기준으로 20%, 50%, 80%로 점진적으로 증가시켜 적용하였으며, 운동 중 최대한 저항을 일정하게 유지하기 위하여 각 저항별로 측정 전 디지털 측정기를 사용하여 PNF 팔 패턴을 2회 반복 숙달하였고, 5초간 펴-벌림-안쪽돌림 패턴을 각 저항별로 3회 실시하는 동안 근활성도를 측정하였다.



Fig. 4. PNF arm pattern.

### 4. 자료 분석

본 연구는 PNF 운동과 도수 저항에 따른 위등세모근, 아래등세모근, 앞뿔니근의 근활성도를 비교하기 위하여 이요인 반복측정 분산분석(*two-way repeated measure ANOVA*)을 사용하였다. 도수 저항에 따른 근활성도 차이를 알아보기 위해 Bonferroni의 다중비교 분석으로 사후 분석을 실시하였다. 수집된 자료는 통계 프로그램(SPSS 29.0, IBM, Inc., USA)을 이용하였으며, 통계적 유의수준( $\alpha$ )은 0.05로 설정하였다.

### Ⅲ. 연구 결과

#### 1. 연구 대상자의 일반적인 특성

본 연구에 참가한 대상자는 총 13명으로 건강한 남성 대상자이며, 대상자의 일반적인 특성은 표1과 같다.

Table 1. Descriptive statistics for subjects (n=13)

Variable	Mean±Standard deviation
Age(years)	27.30±2.29
Height(cm)	174.23±4.25
Weight(kg)	73.62±10.23
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	24.27±3.49
Dominant hand	Right 12 (92.3%), Left 1 (7.7%)

#### 2. 도수 저항에 따른 근활성도

UT와 SA의 근활성도는 PNF 패턴과 도수 저항의 강도에 따라 유의한 차이가 없었다(Table 2). LT는 도수 저항의 강도에 따라 유의한 차이를 보였다( $p<0.05$ ). PNF 팔 패턴은 최대 저항의 80%가 20%에 비해 LT 근활성도가 유의하게 높게 나타났다. PNF 어깨뼈 패턴 역시 최대 저항의 80%가 20%에 비해 LT 근활성도가 유의하게 높게 나타났다.

#### 3. UT/SA 및 UT/LT 비율

UT/SA 비율은 PNF 패턴과 도수 저항의 강도에 따라 유의한 차이가 없었다(Table 3). UT/LT 비율도 PNF 패턴과 도수 저항의 강도에 따라 유의한 차이가 없었다.

Table 2. Descriptive statistics of activity of scapular muscles during three resistance conditions (n=13)

	Upper trapezius (%MVIC)			<i>p</i>				
	R 80%	R 50%	R 20%	F	$\eta^2_p$	R	Ex	R*Ex
Arm pattern	63.15±13.91	53.06±13.34	49.51±13.63	2.25	0.16	0.13	0.22	0.23
Scapular pattern	63.02±23.84	63.49±17.53	59.72±16.75					
t	0.02	-1.707	-1.704					
p	0.98	0.10	0.10					
	Serratus anterior (%MVIC)			<i>p</i>				
	R 80%	R 50%	R 20%	F	$\eta^2_p$	R	Ex	R*Ex
Arm pattern	79.07±15.86	83.07±13.85	79.64±18.22	0.51	0.04	0.61	0.17	0.22
Scapular pattern	77.54±10.54	70.93±21.57	69.43±20.74					
t	0.29	1.71	-1.33					
p	0.78	0.10	0.20					
	Lower trapezius (%MVIC)			<i>p</i>				
	R 80%	R 50%	R 20%	F	$\eta^2_p$	R	Ex	R*Ex
Arm pattern	75.90±17.45 <sup>a</sup>	72.14±20.31 <sup>ab</sup>	65.96±19.76 <sup>b</sup>	3.97	0.26	0.03	0.47	0.73
Scapular pattern	79.52±22.40 <sup>a</sup>	76.47±20.20 <sup>ab</sup>	73.73±17.82 <sup>b</sup>					
t	-0.46	-0.55	-1.05					
p	0.65	0.59	0.30					

R: resistance, Ex: exercise, <sup>a,b</sup> Values within a row with different superscripts are significantly different ( $p<0.05$ ),  $\eta^2_p$ : partial eta squared

Table 3. Descriptive statistics of ratio of upper trapezius/serratus anterior and upper trapezius/lower trapezius during three resistance conditions (n=13)

	Upper trapezius/serratus anterior			<i>p</i>				
	R 80%	R 50%	R 20%	F	$\eta^2_p$	R	Ex	R*Ex
Arm pattern	0.83±0.30	0.65±0.18	0.65±0.22	0.29	0.01	0.66	0.14	0.06
Scapular pattern	0.84±0.38	1.14±0.99	1.01±0.69					
t	-0.07	-1.74	-1.77					
p	0.95	0.09	0.09					
	Upper trapezius/lower trapezius			<i>p</i>				
	R 80%	R 50%	R 20%	F	$\eta^2_p$	R	Ex	R*Ex
Arm pattern	0.86±0.24	0.77±0.24	0.82±0.33	0.02	0.01	0.96	0.55	0.37
Scapular pattern	0.86±0.44	0.98±0.75	0.91±0.53					
t	-0.02	-0.93	-0.51					
p	0.99	0.36	0.62					

R: resistance, Ex: exercise,  $\eta^2_p$ : partial eta squared

#### IV. 고찰

등세모근은 어깨뼈의 움직임에서 중요한 역할을 수행하며, 특히 아래등세모근은 어깨뼈의 안정화에 주된 역할을 한다(Cool et al., 2007). 아래등세모근은 시상면에서 어깨관절을 들어 올리는 동안 어깨관절의 안정성을 제공할 뿐만 아니라, 수평면에서 당기는 움직임 시에도 어깨뼈 하강(depression)과 뒤당김(retraction)하고, 어깨 벌림과 바깥돌림을 보조한다(Johnson et al., 1994). 이와 같은 역할로 인해, 최근 연구에서는 어깨관절 및 목관절 통증 유무에 따라 아래등세모근의 기능 평가를 적극 추천하였다(Wang et al., 2022). 더하여, 어깨뼈 운동장애(scapular dyskinesis)는 3가지 유형으로 1형은 어깨뼈의 아래쪽 돌출, 2형은 어깨뼈의 안쪽 돌출로 흔히 날개어깨뼈(winging scapula)로 불리며, 3형은 주로 임상에서 어깨충돌증후군을 불리며, 3가지 유형 모두에서 아래등세모근의 약증을 보인다(Kibler & McMullen, 2003). 이를 위한 해결책으로 아래등세모근을 강화하는 다양한 운동 방법이 제시되고 있다. 하지만 아래등세모근의 강화 운동별 도수 저항에 따른 차이를 규명하는 연구는 부족한 실정이며, 이에 본 연구는 3차원적 어깨재활운동 시 도수 저항에 따른 어깨안정근의 활성도를 규명하

고자 한다.

본 연구에서는 3차원적 어깨재활운동별 도수 저항에 따라 위등세모근, 앞뿔니근, 아래등세모근의 활성도를 분석하였다. 아래등세모근은 도수 저항의 강도에 따라 유의한 차이를 보였으며, 팔과 어깨뼈 패턴 모두 최대저항의 80%에서 20%에 비해 유의하게 높은 근활성도를 보였다. 선행 연구에서 최대 저항으로 실시한 머리 위로 팔들어올리기운동(overhead arm raise)은 아래등세모근의 활동이 94.73%로 본 연구의 80% 도수 저항 시 팔 및 어깨뼈 패턴보다 높은 근활성도를 보였다(Roh, 2023). 머리 위로 팔들어올리기 운동은 아래등세모근의 대표적인 강화 운동 중 하나이며, 어깨안정근의 활성도를 고려하였을 때 어깨충돌증후군 환자들에게 적절한 중재 방법일 수 있지만, 최근 연구에서는 어깨충돌증후군 환자의 어깨관절 벌림 각도가 72.7~90.08°로 많은 제한이 있다고 하였다(AlAnazi et al., 2022). 이는 옆드려 누운 자세로 팔을 125° 벌림 해야 하며, 아래등세모근이 중력에 노출되어 있는 상태로 시작하는 머리 위로 팔들어올리기 운동을 어깨충돌증후군 환자가 초기에 수행하기 어려울 것이라고 생각된다. 하지만 본 연구의 팔과 어깨뼈 패턴 모두 팔의 과도한 벌림 없이 실시할 수 있으며, 아래등세모근 또한 중력의 영향을 적게 받는 옆으로

누운 자세에서 시작하기 때문에 어깨충돌증후군 환자의 초기 재활에 적극 활용할 수 있을 것이다. 본 연구의 결과를 바탕으로, 임상에서 아래등세모근 강화 훈련으로 PNF 팔 혹은 어깨 패턴 적용 시 초기에는 20% 도수 저항에서 시작하여 80%로 증가하는 것을 추천한다.

더하여, 선행 연구에서는 PNF 팔 패턴이 아래등세모근을 활성화하는데 효과적이라고 보고하였다(Ravichandran & Janakiraman, 2016). 본 연구에서는 아래등세모근은 운동별 동일한 도수 저항에서는 유의한 차이가 없었지만, 어깨뼈 패턴이 팔 패턴에 비해 동일한 도수 저항에서 높은 근활성도를 보였다. 이러한 결과는 선행 연구 결과를 뒷받침하였다(Roh, 2023). 아래등세모근의 강화 목적으로는 어깨뼈 패턴이 더 나은 대안일지 모른다.

어깨충돌증후군 환자의 경우에는 위등세모근의 활성도를 감소시키면서 아래등세모근을 강화시키는 운동이 중요하며, 이는 위등세모근/아래등세모근의 비율로 확인할 수 있다(Yong & Weon, 2013). Ekstrom 등(2003)이 추천한 머리 위로 팔들어올리기운동의 해당 비율은 0.81이었으며, 본 연구의 운동 모두 유사한 수준을 보였다. 이는 두 운동 모두 아래등세모근의 선택적 강화를 위해 임상적 활용될 수 있음을 보여주는 결과이다.

본 연구에서의 제한점은 대상자를 젊은 남성으로만 구성한 하였고 때문에 여성까지 일반화하기 어려운 부분이 있으며, EMG를 이용한 측정 근육이 위등세모근, 아래등세모근 및 앞뿔근만 측정하였기에 보상작용을 최소화하기 위해 최대한 정확한 자세로 패턴을 하였지만 그 외 어깨세모근과 같이 어깨의 움직임에 영향을 줄 수 있는 근육들의 보상작용까지는 보기가 어려웠다. 또한 도수 저항을 좀 더 정확하고 일정하게 유지하기 어려움이 있다. 이러한 것들을 보완하여 향후 연구는 좀 더 다양한 연령대와 성별을 대상으로 하며, 더 다양한 근육을 측정 및 분석하고, 도수 저항 또한 일정하게 유지할 수 있는 측정도구를 사용한 연구를 진행할 것을 추천한다.

## V. 결론

연구 결과 PNF 팔 패턴과 어깨뼈 패턴 시 도수 저항 80%는 20%에 비해 높은 아래등세모근의 활성도를 보였다. PNF 팔 및 어깨뼈 패턴은 최소한의 어깨 벌림으로 아래등세모근의 활성도를 증가시킬 수 있다. 그러므로 어깨충돌증후군 환자의 아래등세모근 강화를 위하여 초기 재활에 적극 활용할 수 있을 것이라 기대한다.

## Acknowledgements

본 연구는 2023년 (재)보건장학회의 지원으로 수행되었음.

## References

- Adler SS, Beckers D, Buck M. PNF in Practice: An Illustrated Guide, 4th ed. Berlin Heidelberg, Germany. Springer. 2014.
- AlAnazi A, Alghadir AH, Gabr SA. Handgrip strength exercises modulate shoulder pain, function, and strength of rotator cuff muscles of patients with primary subacromial impingement syndrome. *BioMed Research International*. 2022;9151831.
- Başkurt Z, Başkurt F, Gelecek N, et al. The effectiveness of scapular stabilization exercise in the patients with subacromial impingement syndrome. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2011;24(3): 173-179.
- Choo YK. Effects of mobilization with movement combined with Exercise(EMWM) on ADH, ROM and functional performance in patients with impingement syndrome of the shoulder. *Journal of The Korean Society of Integrative Medicine*. 2019;7(2):153-163.

- Cigercioglu NB, Unuvar E, Hazimoglu P, et al. Proprioceptive neuromuscular facilitation training improves scapular muscle strength and pectoralis minor length in individuals with scapular dyskinesis. *Journal of Basic and Clinical Health Sciences*. 2022;6(1):238-246.
- Cools A, Declercq G, Cambier D, et al. Trapezius activity and intramuscular balance during isokinetic exercise in overhead athletes with impingement symptoms. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. 2007;17(1):25-33.
- Ekstrom RA, Donatelli RA, Soderberg GL. Surface electromyographic analysis of exercises for the trapezius and serratus anterior muscles. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2003; 33(5):247-258.
- Garving C, Jakob S, Bauer I, et al. Impingement syndrome of the shoulder. *Deutsches Arzteblatt International*. 2017;114(45):765-776.
- Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, et al. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2000;10(5):361-374.
- Hindle KB, Whitcomb TJ, Briggs WO, et al. Proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF): its mechanisms and effects on range of motion and muscular function. *Journal of Human Kinetics*. 2012;31:105-113.
- Hislop H, Avers D, Brown M. Daniels and worthingham's muscle testing, 9th ed. St. Louis, USA. Saunders. 2013.
- Johnson G, Bogduk N, Nowitzke A, et al. Anatomy and actions of the trapezius muscle. *Clinical Biomechanics*. 1994;9(1):44-50.
- Jung JC, An DI, Yoon SH, et al. The immediate effects of electromyographic biofeedback training on muscle activity of trapezius in patients with subacromial impingement syndrome. *PNF and Movement*. 2020; 18(1):107-116.
- Kendall FP, McCreary EK, Provance PG, et al. Muscles: testing and function, with posture and pain. 5th ed. Baltimore, USA. Lippincott Williams and Wilkins. 2005.
- Kibler WB, McMullen J. Scapular dyskinesis and its relation to shoulder pain. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2003;11(2):142-151.
- Kim BR, Lee HJ. Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation-based abdominal muscle strengthening training on pulmonary function, pain, and functional disability index in chronic low back pain patients. *Journal of Exercise Rehabilitation*. 2017;13(4): 486-490.
- Kim BR, Yi DH, Yim JE. Effect of the combined isotonic technique for proprioceptive neuromuscular facilitation and taping on pain and grip strength in patients with lateral epicondylitis: a randomized clinical trial. *Journal of Exercise Rehabilitation*. 2019;15(2): 316-321.
- Kim YH, Park DJ. Effects of three-week contract-relax interventions with and without reinforcement using temporal summation for flexibility and balance ability in young people with hamstring shortening. *PNF and Movement*. 2022;20(3):383-390.
- Kisner C, Colby LA, Borstad J. Therapeutic exercise: Foundations and Techniques, 7th ed. Philadelphia, USA. F.A. Davis Company. 2017.
- Klein DA, Stone WJ, Phillips WT, et al. PNF training and physical function in assisted-living older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*. 2002;10(4): 476-488.
- Kwak DH, Ryu YU. Applying proprioceptive neuromuscular facilitation stretching: optimal contraction intensity to attain the maximum increase in range of motion in young males. *Journal of Physical Therapy Science*. 2015;27(7):2129-2132.
- Littlewood C, Ashton J, Mawson S, et al. A mixed methods study to evaluate the clinical and cost-effectiveness

- of a self-managed exercise programme versus usual physiotherapy for chronic rotator cuff disorders: protocol for the SELF study. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2012;13:62.
- Luque-Suarez A, Navarro-Ledesma S, Petocz P, et al. Short term effects of kinesiotaping on acromiohumeral distance in asymptomatic subjects: a randomised controlled trial. *Manual Therapy*. 2013;18(6):573-577.
- Maicki T, Bilski J, Szczygieł E, et al. PNF and manual therapy treatment results of patients with cervical spine osteoarthritis. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2017;30(5):1095-1101.
- Michener LA, Subasi Yesilyaprak SS, Seitz AL, et al. Supraspinatus tendon and subacromial space parameters measured on ultrasonographic imaging in subacromial impingement syndrome. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2015;23(2):363-369.
- Moreira R, Lial L, Teles Monteiro MG, et al. Diagonal movement of the upper limb produces greater adaptive plasticity than sagittal plane flexion in the shoulder. *Neuroscience Letter*. 2017;643:8-15.
- Myers JB, Wassinger CA, Lephart SM. Sensorimotor contribution to shoulder stability: effect of injury and rehabilitation. *Manual Therapy*. 2006;11(3):197-201.
- Neumann DA. Kinesiology of the musculoskeletal system, 3<sup>rd</sup> ed. St. Louis, USA. Elsevier. 2016.
- Page P. Shoulder muscle imbalance and subacromial impingement syndrome in overhead athletes. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2011;6(1):51-58.
- Park SY, Park DJ. Comparison of muscular activities between subjects with and without scapular downward rotation impairment during diagonal pattern of exercises. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 23(1):59-64.
- Ravichandran H, Janakiraman B. Assessment and rehabilitation of scapular dyskinesia: a case study. *Archives of Medicine and Health Sciences*. 2016;4(2):244-247.
- Roh HB. A Comparison of activity and ratio of scapular muscles during 3 dimensional scapular exercises. Catholic University of Pusan. Master's Degree. 2023.
- Roy JS, Moffet H, Hébert LJ, et al. Effect of motor control and strengthening exercises on shoulder function in persons with impingement syndrome: a single-subject study design. *Manual Therapy*. 2009;14(2):180-188.
- Samir MG, Wallace FB, Felipe ST. Effects of strength training on scapular dyskinesia: A systematic review. *Journal of Health Sciences*. 2019;21(4):403-413.
- Sheard PW, Paine TJ. Optimal contraction intensity during proprioceptive neuromuscular facilitation for maximal increase of range of motion. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2010;24(2):416-421.
- Shin SS. Immediate effects of various contract-relax techniques on the peak force and range of motion of knee extension. -A Pilot Study- *PNF and Movement*. 2018;16(2):229-238.
- Wang DM, Li C, Hatchard N, et al. Lower trapezius muscle function in people with and without shoulder and neck pain: a systematic review. *Journal of Osteopathic Medicine*. 2022;123(2):73-89.
- Witt D, Talbott N, Kotowski S. Electromyographic activity of scapular muscles during diagonal patterns using elastic resistance and free weights. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2011;6(4):322-332.
- Worsley P, Wamer M, Mottram S, et al. Motor control retraining exercises for shoulder impingement: effects on function, muscle activation, and biomechanics in young adults. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2013;22(4):e11-9.
- Yong JH, Weon JH. Comparison of the EMG activities of scapular upward rotators and other scapular muscles among three lower trapezius strengthening exercises. *Physical Therapy Korea*. 2013;20(3):27-35.