

## 만성 뇌졸중 환자의 어깨뼈 가동 안정성 증진 훈련이 어깨뼈 정렬, 근 활성화 및 상지 운동 기능에 미치는 영향

박신규, OT, MS<sup>1</sup>, 정재훈, OT, MS<sup>1</sup>, 송보경, OT, PhD<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>보바스기념병원, <sup>2</sup>강원대학교 보건과학대학 작업치료학과

Effect of Scapular Mobility Enhancing Training on Scapular Alignment, Muscle Activity and Motor Function on Upper Limb in Chronic Stroke Patients

Shin-Kyu Park, OT, MS<sup>1</sup>, Jae-Hoon Jeong, OT, MS<sup>1</sup>, Bo-Kyoung Song, OT, PhD<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Occupational Therapy, Bobath Memorial Hospital, Republic of Korea

<sup>2</sup>Dept. of Occupational Therapy, College of Health Science, Kangwon National University, Republic of Korea

**Purpose** This study aims to investigate the effects of scapular mobility enhancing training (SMET) on scapular alignment and upper limb function of chronic stroke patients. **Methods** The study selected 12 chronic stroke patients that met the criteria at the B hospital and divided them into an experimental group (EG) and a control group (CG). 30 minute intervention was provided five times per week over six weeks lateral scapular slide test (LLST) were assessed to examine scapular alignment, electromyography (EMG) of the anterior deltoid and fugl-meyer assessment (FMA) was assessed to examine upper limb function. **Results** This study compared the two groups were compared through LLST, and it was found that there was a significant difference between two groups at 0° position, 45° position, and 90° position ( $p < 0.05$ ). EMG of anterior deltoid showed significant differences ( $p < 0.05$ ), whereas FMA did not show significant differences ( $p > 0.05$ ). **Conclusion** EG that received SMET showed improvements in scapular alignment and EMG of anterior deltoid compared to CG. Therefore, SMET for chronic stroke patients can be considered an effective intervention for improving scapular alignment and muscle activity of upper limb.

**Key words** Chronic stroke, Electromyography, Fugl-meyer assessment, Reaching function, Scapulohumeral rhythm

**Corresponding author** Bo-Kyoung Song (bksong@kangwon.ac.kr)

**Received date** 10 June 2024

**Revised date** 14 June 2024

**Accept date** 19 June 2024

### 1. 서론

뇌졸중 후 편마비 환자의 상지 기능 저하는 급성기 환자에서 약 80% 이상에서 발생하는데 이 중 근 약화는 대상자의 운동 기능을 제한하는 주요 요인으로 설명된다.<sup>1,2)</sup> 근 약화는 정상적인 자세를 유지하는 근긴장도 및 수의적인 동작을 수행하지 못하는 상태로 대뇌의 운동 궤질에서 척수단계까지의 운동신경원의 신호 전달의 문제로 발생한다.<sup>3,4)</sup> 팔 뻗기 동작과 관련하여 뇌졸중 환자는 위등세모근, 아래등세모근, 가시아래근, 앞어깨세모근, 앞톱니근 등의 약화로 동작이 제한되고 이는 손의 협응력에도 부정적인 영향을 준다.<sup>5)</sup> 그리고 어깨 주위의 비효율적인 동작은 어깨뼈의 가동 안정성의 부족으로 팔 뻗기 과정에서 위팔오목 관절(glerohumeral joint; GHJ)의 어깨 봉우리아래 공간에서의 충돌(impingement)의 증가와 반복으

로 염증반응이 발생하고 이는 통증으로 연결되어 뇌졸중 환자의 어깨 동작 회복과 상지운동 기능을 감소시킬 수 있다.<sup>4,6)</sup> 뇌졸중 환자의 상지 동작을 제한하는 다른 요소로 어깨뼈와 어깨 주위의 관절운동 제한으로 설명할 수 있다.<sup>7)</sup> 뇌졸중 후 편마비 환자는 항중력근의 활동 감소와 몸통의 선행성 자세 조절 능력 저하로 인해 상지의 보상 운동 패턴의 변화와 팔 뻗기 및 쥐기 과정에서 불필요한 과긴장도가 발생하여 어깨뼈 및 GHJ의 가동성을 제한된다.<sup>8)</sup> 특히 대상자의 항중력 근의 저하로 인한 자세 정렬과 어깨뼈 가동성의 변화는 팔을 앞으로 뻗을 때 등세모근과 앞톱니근가 함께 작용하는 짝힘(couple force)의 불균형으로 인한 어깨뼈의 올림 동작이 증가하여 비정상적인 팔뻗기 패턴을 형성한다.<sup>9)</sup> 선 자세 또는 앉은 자세에서의 어깨뼈의 위치와 가동성의 변화는 어깨위팔 리듬(scapulohumeral rhythm; SHR) 형성을 어렵게 하는데 이를 어깨뼈 운동이상증(scapular dyskinesia; SD)으로 정의

<http://dx.doi.org/10.17817/2024.06.14.1111885>

할 수 있다.<sup>10)</sup> SD는 어깨뼈의 회전 동작에 기여하는 등세모근과 앞뿔니근의 짝힘 불균형(imbalance), 어깨뼈의 내밌음(protraction)과 뒤당김(retraction) 동작의 제한, 빗장뼈와 연결된 가슴빗장관절(sternoclavicular joint; SCJ)의 제한으로 비효율적인 동작을 발생시킨다.<sup>11)</sup> 정상인의 어깨뼈 위치는 평균 5.4° 위쪽 돌림, 41.1° 안쪽 돌림 및 13.5° 앞쪽 기울임으로 제시된다.<sup>12)</sup> 어깨뼈의 가동 안정성(mobile stability)은 위등세모근, 아래등세모근, 마름근, 앞뿔니근 간의 상호 조절에 의해 이루어진다.<sup>13)</sup> 이는 어깨 벌림 동작의 최대 180° 범위에서 초기 30° 이후 GHJ과 어깨가슴관절(scapulothoracic joint; STJ)은 2:1 비율로 최대 180° 벌림 동작에 기여하고 어깨 벌림 또는 올림 동작 과정에서의 부드럽게 수행되는 과정을 SHR으로 표현된다.<sup>10,12)</sup> 대상자의 어깨뼈 정렬, 가동 안정성, SHR의 증진은 효율적인 팔 뻗기를 지원하여 과제 수행에 도움을 줄 수 있으며 특히 근육 약화 및 이로 인한 비정상적인 보상 운동 패턴을 가지는 뇌졸중 환자의 어깨뼈 가동 안정성과 주위 근육의 근 활성은 과제 수행에 매우 중요한 요소로 판단된다.<sup>10,14)</sup> 어깨뼈 가동 안정성과 관련한 선행 연구에서도 어깨뼈의 위치를 최적화하는 치료를 통하여 팔 뻗기 기반 어깨뼈 동작을 촉진하여 상지 기능을 향상시켰고 어깨뼈 안정화 훈련을 통하여 어깨뼈 주변 근육과 어깨 돌레근의 근력을 증진시켜 SD를 개선하였다.<sup>15,17)</sup> 본 연구에서는 만성 뇌졸중 환자에게 최적의 어깨뼈의 위치를 기반으로 어깨뼈 가동 안정성 증진 훈련을 통하여 어깨뼈 정렬 뿐만 아니라 팔 뻗기에 기여하는 상지의 근 활성과 상지 운동 기능에 어떠한 도움을 줄 수 있는지 확인하고자 하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구대상

본 연구는 경기도 성남에 위치한 B병원 재활의학과에 입원한 만성 뇌졸중 환자 12명을 대상으로 진행하였다. 1차로 대상자의 모집하고자 병원 내에 대상자의 공고하여 지원한 30명의 대상자를 선정기준에 적합한지 선별검사를 실시하고 자발적인 또는 법적 대리인의 동의 절차를 거쳐 최종적으로 12명을 환자를 선정하였다. 대상자의 선정기준은 신경과 및 재활의학과 전문의로부터 뇌졸중 진단을 받은 만 19세 이상 80세 미만의 환자로 대상자의 뇌졸중 발병일은 12개월 미만으로 제한하였고 베르그균형척도(berg's balance scale; BBS) 검사를 실시하여 혼자서 앉아있기 혹은 서 있기가 가능하고 한국판 간이 몬트리올 인지평가(korean version of the montreal cognitive assessment; K-MoCA) 점수가 23점이상으로 인지 손상이 없으며 연구자의 지시를 이해할 수 있는 환자, FMA가 20

점 이상으로 수의적인 팔뻗기 동작이 가능한 환자, 마지막으로 연구의 내용을 이해하고 연구에 참여하기로 동의한 환자를 선정하고자 하였다. 제외기준으로 만 17세 미만의 미성년자 및 80세 이상의 고령자, 팔 뻗기에 영향을 주는 정형외과적 질환을 가지거나 수술의 경험이 있는 환자 어깨 통증이 있는 환자, 자발적으로 대상자 또는 법적 대리인의 동의하기 어려운 환자는 연구에서 제외하였다.

### 2. 연구설계 및 중재

선정된 12명의 환자는 무작위 할당으로 어깨뼈 가동 안정성 증진 훈련군과 전통적인 작업치료군으로 각각 6명씩 배정하였다. 사전 평가를 실시한 후, 두 집단은 6주 동안 중재 훈련을 받고 사후 평가를 진행하였다. 본 연구의 중재는 목적 및 적용의 일관성이 가능하도록 하기 위하여 최소 3년 이상의 경력을 가진 작업치료가 진행하도록 하였다. 중재 내용은 다음과 같다.

#### 2-1. 어깨뼈 가동 안정성 증진 훈련

본 연구에서 실시한 어깨뼈 가동 안정성 증진 훈련은 앉은 자세에서 SHR을 증진하고자 하였다. 이를 위해 1차적으로 어깨뼈의 위치를 최적화하기 위하여 골반의 위치를 수정 보완하여 체중심을 최적화하였다. 독립적인 어깨뼈의 움직임을 촉진하고자 비손상측 상지를 통하여 몸통을 안정화하였다. 이를 기반으로 어깨뼈의 위치가 몸통 척추와 나란히 몸통 척추뼈의 사이에 위치하고 위쪽 돌림 동작을 촉진하고자 하였고 대상자 어깨뼈의 위쪽, 앞쪽 돌림 동작 패턴을 인식하고 손뻗기에 적용할 수 있도록 반복적인 중재를 진행하였다.

#### 2-2. 팔 뻗기 과제를 이용한 전통적인 작업치료 중재

본 연구의 전통적인 작업치료는 임상에서 흔히 사용하는 도구를 활용하여 팔 뻗기 과제를 실시하였다. 이를 위해 콘 패턴 보드(stacking cone), 관절운동범위 증가 도구, 사각형 페그 보드(pegboard with square pegs) 등을 사용하여 전통적인 팔 뻗기 작업치료 중재를 실시하였다.

### 3. 평가도구

#### 3-1. 가쪽 어깨뼈 미끄러짐 검사 (lateral scapular slide test; LLST)

LLST는 어깨 벌림의 범위 중 0°, 45°, 90°에서 어깨뼈 안쪽 면과 각의 좌우 거리를 측정하여 어깨뼈 정렬을 차이를 평가하는 도구로 대상자의 일관된 자세를 유지하기 위하여 서 있는 자세에서 시선을 고정하여 검사를 진행하였다. 본 검사에서는 중재 전, 후 출자를 이용하여 총 3회에 걸쳐 몸통 척추 뼈 7번 가시돌기와 어깨뼈 아래각(inferior angle)의 거리를

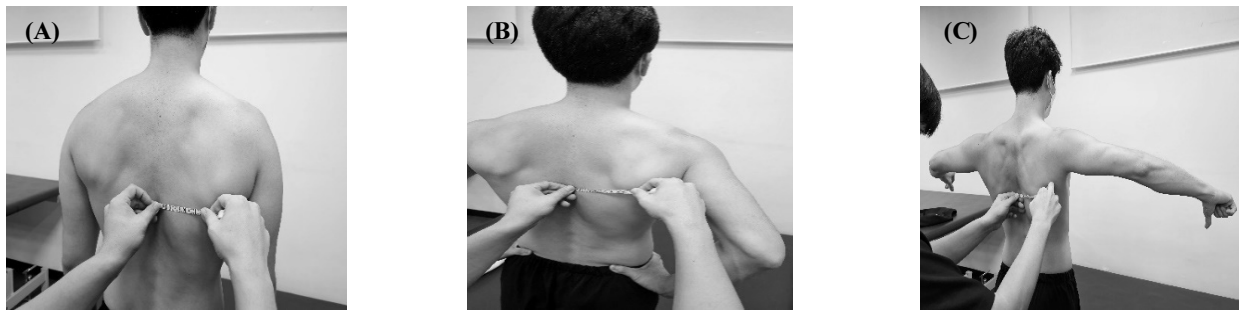


Figure 1. Lateral scapular slide test (LLST) measures scapular alignment in three major postures. (A) is tested at 0° shoulder abduction, (B) is tested at 45° shoulder abduction, and (C) is tested at 90° shoulder abduction.

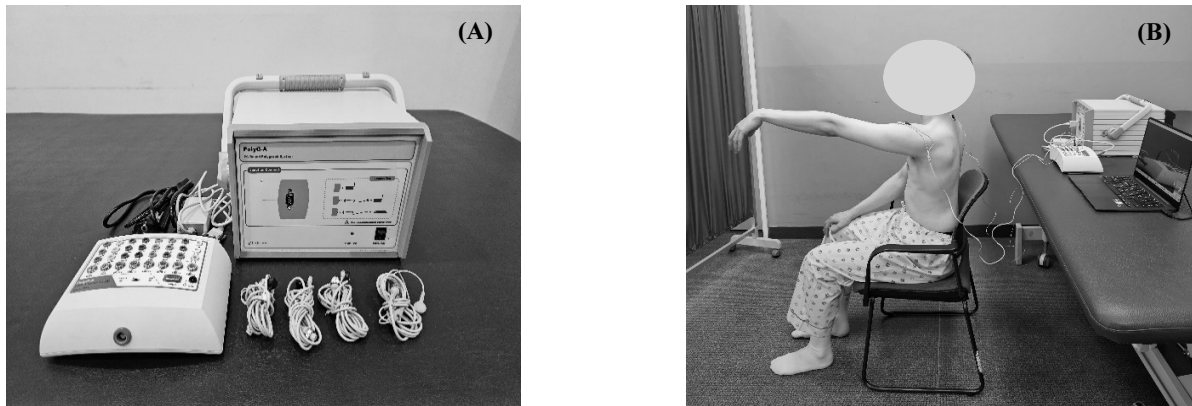


Figure 2. EMG and examination posture used in this study. (A) muscle activity was measured using QEMG-4 (LXM3204, Laxtha, Republic of Korea). (B) To measure the muscle activity of the anterior deltoid (AD), shoulder flexion started from 0° in a sitting position and the maximum flexion was performed up to 90°.

측정하고 평균값을 제시하였다. 본 그림은 어깨뼈 미끄러짐 검사를 표현한 그림으로 어깨 벌림 0° 자세(Figure 1A)에서는 GHJ의 중립 위치에 놓고 측정하고, 어깨 벌림45° 자세(Figure 1B)에서는 위팔뼈가 안쪽 돌림, 엄지손가락과 두 번째 손가락 사이의 손칼퀴공간(web space)을 엉덩뼈 능선에 놓고 측정했다. 어깨 벌림 90° 자세(Figure 1C)에서는 위팔뼈가 최대 안쪽 돌림하여 엄지를 아래를 향하여 측정하도록 한다. 정상 성인을 대상으로 검사자 내 신뢰도와 검사자 간 신뢰도는 0.92, 뇌졸중 환자를 대상으로 검사자 내 신뢰도와 검사자 간 신뢰도는 각각 0.87, 0.63~0.86으로 제시되었다.<sup>18)</sup>

### 3-2. 근전도 검사(electromyography; EMG)

EMG는 근육의 근전도 신호를 측정하기 위하여 QEMG-4 (LXM3204, Laxtha, Korea) 사용하여 자료를 수집하였다 (Figure 2A). 본 검사는 4개의 채널로 구성되고 표면 전극은 직경이 10mm 일회성 양극형 표면 전극(3m, Republic of Korea)을 사용하였다. 전극 배치는 앞어깨세모근(anterior deltoid; AD)에 중심 간 거리를 25mm로 유지하며, 활성 전극과 분산 전극을 근육 섬유 방향과 평행하도록 부착하였다.

접지전극은 피하근육 조직이 적고 동작에 방해되지 않고 수축하는 근육의 비인접 부위인 C7에 부착하였고 전극 부착 지점의 측정 오류를 방지하기 위해 털을 제거하고 알코올 솜으로 깨끗이 닦은 후 전극을 부착하였다. 본 연구에서는 EMG 기준 수축 값을 의자에 앉은 자세에서 어깨 굽힘을 0°에서 시작하여 최대 굽힘 동작을 90°까지 수행하여 수집하였다. 연구 대상자는 팔꿈치를 완전히 펴고 엄지 손가락과 손등이 위로 향하도록 하여 동작을 실시하였다. 측정 절차는 3초간 팔을 올리고, 4초간 유지한 후, 3초간 팔을 내리는 순서로 실시하였고 10초간 휴식 후 이 과정을 5번 반복하여 평균값을 기록하였다(Figure 2B).

### 3-3. 푸글-마이어 평가(fugl-meyer assessment; FMA)

FMA는 뇌졸중 환자의 운동, 균형, 감각 및 관절 기능을 평가하는 표준 도구로, Fugle-Meyer 등(1975)에 의해 개발되었다. 이중 운동기능을 평가하는 FMA는 어깨, 팔꿈치 및 아래 팔 18항목, 손목 5항목, 손 7항목, 협응 3항목이며 총 33항목으로 구성된다. 각 항목은 기능이 없으면 0점, 일부 손상이면 1점, 정상이면 2점으로 측정되고 총점은 66점 만점으로 구성

된다.<sup>19,20)</sup> FMA의 검사자 내 신뢰도와 검사자 간 신뢰도는 각각 0.99와 0.98로 제시되었고 검사-재검사 신뢰도는 0.94에서 0.99로 보고되었다.<sup>21)</sup>

**4. 통계분석**

본 연구의 통계 분석은 SPSS 버전 18.0(IBM Inc, Chicago, IL, USA)을 사용하여 수행하였다. 대상자의 일반적인 특성은 기술통계 및 빈도분석을 통해 분석하였고 중재 전 두 집단의 동질성을 확인하고자 성별, 손상 유형은 카이제곱 검정 (Chi-square test)을 실시하고 나이, 발병일, K-MoCA는 크루스칼-왈리스 검정(Kruskal-Wallis test)을 사용하였다. 두 집단 간 중재 후 모수 검정을 확인하였으나 이를 만족하지 않아 비모수 검정을 실시하였다. 두 집단 간 중재 후 LLST, EMG 및 FMA의 차이를 알아보기 위해 만-휘트니 U검정 (Man-whitney U test)를 사용하였다. 본 연구의 유의수준은  $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

**III. 결과**

**1. 대상자의 일반적 특성**

본 연구의 참가 대상자의 성별은 남자 7명(58.3%), 여자 5명

(41.7%), 손상 유형에 따라 뇌경색 12명(85.7%), 뇌출혈 2명 (16.7%)이었다. 평균 연령은 58.83±14.10세, 발병일은 7.66±1.77개월, K-MoCA 점수는 25.75±1.35점이었었다. 실험군은 6명 중 남자 4명(66.7%), 여자 2명(33.3%), 뇌출혈 2명 (33.3%), 뇌경색 4명(67.7%), 평균 연령 60.83±15.85세, 발병일은 7.33± 1.86개월, K-MoCA 점수는 26.50±1.51점이었었다. 대조군은 6명 중 남자 3명(50.0%), 여자 3명(50.0%), 뇌출혈 2명(33.3%), 뇌경색 4명(66.7%), 평균 연령 56.83±13.28세, 발병일은 8.00±1.78개월, K-MoCA 점수는 24.66±0.63점이었었다. 그리고 중재 전 두 집단 사이에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다( $p>0.05$ )(Table 1).

**2. 중재 후 두 집단 사이의 LLST, EMG, FMA의 차이 비교**

본 연구에서는 중재 후 두 집단 간 LLST, EMG의 EMG 및 FMA의 차이를 확인하였다. 먼저 LLST는 어깨올림 0° 자세에서 실험군은 -0.36±0.15, 대조군은 -0.03±0.18이었고 어깨 올림 45° 자세에서 실험군은 0.45±0.34, 대조군은 -0.21±0.35이었으며 어깨올림 90°자세에서 실험군은 0.65±0.41, 대조군은 -0.12±0.44으로 차이를 보였고 통계적으로 모두 유의한 차이를 보였다( $p<0.01$ )( $p<0.05$ )( $p<0.05$ )(Table 2). 그리고 중재 후 AD의 EMG는 실험군은 18.99±11.57, 대조군은 2.64±7.83으로 차이를 보였고 통계적으로도 유의한 차이를

**Table 1. General characteristics of the subjects**

(N=12)

Variables		EG	CG	$\chi^2/Z$	<i>p</i>
Gender	Male (%)	4(66.7 %)	3(50.0 %)	0.343	1.000
	Female (%)	2(33.3 %)	3(50.0 %)		
Type of stroke	Hemorrhage (%)	2(33.3 %)	2(33.3 %)	0.000	1.000
	Infarction (%)	4(66.7 %)	4(66.7 %)		
Age(year)		60.83	56.83	-0.402	0.699
On set(months)		7.33	8.00	-0.654	0.589
K-MoCA(score)		26.50	24.66	-1.895	0.065

M±SD: mean ± standard deviation. EG: experimental group, CG: control group, K-MoCA: korean version of montreal cognitive assessment

**Table 2. Comparison of differences in LLST, EMG, and FMA between two groups after intervention**

(N=12)

Variable	EG	CG	Z	<i>p</i>	
LLST	0°	-0.36±0.15	-0.03±0.18	-2.637	.009**
	45°	0.45±0.34	-0.21±0.35	-2.410	.015*
	90°	0.65±0.41	-0.12±0.44	-2.250	.026*
EMG	AD	18.99±11.57	2.64±7.83	-2.242	.026*
FMA		7.83±3.25	5.83±3.97	-0.808	.485

M±SD: mean ± standard deviation. \*\* $p < 0.01$ , \* $p < 0.05$ , LLST: lateral slide scapular test, EMG: electromyography, FMA: fugl-meyer assessment, EG: experimental group, CG: control group, AD: anterior deltoid

보였다( $p < 0.05$ )(Table 2). 중재 후 FMA에서는 실험군은  $7.83 \pm 3.25$ , 대조군은  $5.83 \pm 3.97$ 로 차이를 보였으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다( $p > 0.05$ )(Table 2).

#### IV. 고찰

본 연구는 6개월 이상의 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 어깨뼈 가동 안정성 증진 훈련이 어깨뼈 정렬, 근활성도 및 상지 기능에 어떠한 도움을 주는지 대조군을 비교하여 알아보고자 하였다. 먼저 중재 후 두 집단 간의 LLST에서 어깨뼈 가동 안정성 증진 훈련을 통하여 비교군과의 차이를 확인할 수 있었다. Kim 등(2014)의 연구에서 뇌졸중 환자에게 4주간 시행된 어깨뼈 안정화 훈련은 어깨뼈 정렬의 개선을 보고하였는데<sup>22)</sup> 본 연구에서 적용한 어깨뼈 가동 안정성 증진 훈련도 어깨뼈 정렬의 변화를 확인할 수 있었다. 그리고 중재 후 AD 활성도가 대조군에 비해 향상됨을 확인할 수 있었다. Jung & Jung(2013)은 뇌졸중 후 편마비 환자에게 어깨뼈 정렬 변화가 나타나고 이를 위한 중재는 상지 기능 및 자세 조절에 도움이 된다고 보고하였고,<sup>15)</sup> Park 등(2023)도 뇌졸중 환자에게 중재한 어깨뼈의 가동 안정성은 팔 뻗기 및 몸통의 안정성 향상에 도움이 되었다고 보고하였다.<sup>16)</sup> 어깨뼈의 가동 안정성은 위팔뼈의 가쪽돌림에 중요한 역할을 수행한다. 이는 팔 뻗기에 중요한 운동학적 요소로 작용하는데 뇌졸중 환자의 몸통 근육의 약화로 인한 항중력 자세의 변화와 어깨주위의 근약화는 어깨뼈의 위치와 동작에 부정적인 영향을 준다.<sup>9)</sup> 따라서 어깨뼈의 정상적인 위치와 이를 기반으로 위팔의 가쪽 돌림에 기여하는 근 활동의 촉진은 팔 뻗기 증진에 중요한 운동학적 접근이라 사료된다. 이에 선행연구에 기반한 본 연구의 어깨뼈 가동 안정성 증진 훈련은 1차적으로 어깨뼈의 정렬과 동시에 근 활동성의 효율적인 동원으로 어깨뼈의 가동성 및 어깨주위 근활동을 촉진하여 기능적인 팔 뻗기에 도움을 줄 수 있다고 판단된다. 그리고 FMA를 통하여 확인된 중재 후 두 집단 간 상지 운동 기능의 비교에서 두집단에서 큰 차이를 보이지 않았다. 뇌졸중 후 편마비 환자에서 팔을 앞으로 내밀어 손으로 물건을 잡는 과정에서 보상 동작을 확인할 수 있다.<sup>23)</sup> 이는 근육 약화로 인한 자세 정렬의 변화와 이로 인한 어깨뼈의 고정성 증가로 인한 회전운동의 제한으로 발생하는 것으로 판단된다. 실제로 손 기능에 관여되는 변수는 다양하다. 특히 가쪽 걸질 척수로(lateral corticospinal track)의 손상, 감각 운동 통합체계의 변화, 항중력 자세의 변화와 그로 인한 비정상적인 어깨관절 주위의 근 활동은 기능적인 상지 운동에 중요한 결정요소라 할 수 있다. 따라서 어깨뼈 가동 안정성 증진 훈련뿐 만 아니라 손 기능을 향상하기 위한 중재에 포함되

어 상지 운동 기능에 보다 효과적인 결과를 도출할 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구의 제한점으로는 대상자 수가 적어 이를 일반화하는데 한계가 있고 AD만으로 대상자의 상지 근육활성도 및 근긴장도의 특성을 설명하는데 다소 한계가 있다고 판단된다. 추후 연구에서는 많은 대상자를 대상으로 선행 연구를 기반하는 상지 근육 활성도를 평가하여 어깨뼈 가동 안정화 훈련의 의미성을 설명하는 연구가 진행되어야 할 것이며 또한 팔 뻗기 과정에 필요한 동작을 분석하여 대상자의 팔 뻗기 과정에서 동작의 패턴과 효율성을 제시하는 질적인 연구가 필요하다고 판단된다.

#### References

1. Patten C, Lexell J, Brown HE. Weakness and strength training in persons with poststroke hemiplegia: rationale, method, and efficacy. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 2004;41(3): 293-312.
2. Cramer SC, Nelles G, Benson RR et al. A functional MRI study of subjects recovered from hemiparetic stroke. *Stroke*, 1997;28(12): 2518-27.
3. Arene N, Hidler J. Understanding motor impairment in the paretic lower limb after a stroke: a review of the literature. *Topics in Stroke Rehabilitation*. 2009;16(5): 346-56.
4. Raghavan P. Upper limb motor impairment after stroke. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics*. 2015; 26(4): 599-610.
5. Han SY, Yang BI, Song BK. The effect upper limb approach based on trunk stability training on upper limb function and satisfaction of work ability after stroke. *Journal of the Korean Neurotherapy Society*. 2021; 25(2):45-9.
6. Kibler BW, Sciascia, A, Wilkes T. Scapular dyskinesis and its relation to shoulder injury. *JAAOS-Journal of The American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2012;20(6): 364-72.
7. Cirstea MC, Levin MF. Compensatory strategies for reaching in stroke. *Brain*. 2000;123(5): 940-53.
8. Song BK, Chung SM, Kim MY. The effect of upper training through functional reaching on trunk control and ADL performance in hemiplegia. *Journal of the Korean Neurotherapy Society*. 2011;15(1):55-62
9. Roby-Brami A, Feydy A, Combeaud M et al. Motor compensation and recovery for reaching in stroke patients. *Acta Neurologica Scandinavica*. 2003;107(5): 369-81.
10. Kibler WB, Sciascia A. Current concepts: scapular

- dyskinesia. *British Journal of Sports Medicine*. 2010;44(5): 300-5.
11. Kibler BW, McMullen J. Scapular dyskinesia and its relation to shoulder pain. *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2003;11(2): 142-51.
  12. Ludewig PM, Reynolds JF. The association of scapular kinematics and glenohumeral joint pathologies. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2009;39(2): 90-104.
  13. Paine R, Voight ML. The role of the scapula. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2003;8(5), 617.
  14. Mottram SL. Dynamic stability of the scapula. *Manual Therapy*. 1997; 2(3): 123-31.
  15. Jung KM, Jung YU. The effect of Scapula setting intervention on the function of upper extremity and walking in the patients with stroke. *Journal of the Korean Neurotherapy Society*. 2022;17(1):39-44.
  16. Park SJ, Bae EH, Hwang BY, et al. Effects of mobility enhancement by reaching-based scapula treatment on standing posture and functional arm movement in a patient with stroke: A Case Report. *Journal of the Korean Neurotherapy Society*. 2023;27(2):53-9.
  17. 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): 173-9.
  18. Shadmehr A, Bagheri H, Ansari N, et al. The reliability measurements of lateral scapular slide test at three different degrees of shoulder joint abduction. *British Journal of Sports Medicine*. 2010;44(4): 289-93.
  19. Fugl-Meyer AR, Jääskö L, Leyman I, et al. A method for evaluation of physical performance. *Scand J Rehabil Med*, 1975;7(1): 13-31.
  20. Woodbury ML, Velozo CA, Richards LG, et al. Dimensionality and construct validity of the Fugl-Meyer Assessment of the upper extremity. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2007;88(6): 715-23.
  21. Kim H, Her J, Ko J, et al. Reliability, concurrent validity, and responsiveness of the Fugl-Meyer Assessment (FMA) for hemiplegic patients. *Journal of Physical Therapy Science*. 2012;24(9): 893-9.
  22. Kim GH, Choe, HS, Lee HI, et al. The effects of scapular stabilization exercising on dynamic standing balance in stroke patients. *Journal of Korean Physical Therapy*, 2014;26(1): 15-20.
  23. Jones TA. Motor compensation and its effects on neural reorganization after stroke. *Nature Reviews Neuroscience*, 2017;18(5): 267-80.