

Effects of Exercise and Neuromuscular Electrical Stimulation on Lower Trapezius Muscle Activity in Individuals with Round Shoulder Posture

Jeong Pyo Seo¹, Heun-Jae Ryu²

¹Department of Physical Therapy, College of Health and Welfare Sciences, Dankook University, Cheonan, Republic of Korea, ²Department of Public Health Sciences, Graduate School, Dankook University, Cheonan, Republic of Korea

Purpose: The prolonged use of digital devices has led to the widespread adoption of poor postures, particularly rounded shoulder posture (RSP), associated with shoulder impingement and pain. This study investigates the effects of neuromuscular electrical stimulation (NMES) on RSP in healthy adults.

Methods: Thirty adults with RSP were randomly assigned to NMES only, exercise only, or NMES with exercise groups. NMES was applied to the lower trapezius, which was the target muscle in this study, for a total of 2 weeks, 5 times per week, 20 minutes per session. The exercise program included pectoralis minor stretching, wall-slide exercise, dynamic hug exercise with band, and Brugger stretching for upper body with band, which were performed for a total of 2 weeks, 5 times per week, 20 minutes per session. Outcome measures, including the Supine Method (SM) for posture and surface electromyography (EMG) of the lower trapezius for muscle activity, were assessed before the intervention, after 5 sessions, and after 10 sessions.

Results: All the groups showed significant changes in the SM and % maximal voluntary isometric contraction (%MVIC) over time ($p < 0.05$). The NMES group had significantly reduced SM at 1 week, while the exercise and combined groups had reduced SM at 2 weeks ($p < 0.017$). All the groups had increased %MVIC at 2 weeks ($p < 0.017$), with no significant differences observed between groups.

Conclusion: NMES alone can be as effective as exercise in improving RSP. NMES combined with exercise also showed positive outcomes, thus offering diverse treatment options for this condition.

Keywords: Neuromuscular electrical stimulation, Rounded shoulder posture, Electromyography, Lower trapezius

서론

현대 사회의 진화와 함께 컴퓨터, 스마트폰, 태블릿 등의 디지털 기기가 일상에 깊숙이 자리 잡으면서, 대다수의 사람들이 편안함을 추구하다 보니 오히려 잘못된 자세를 취하게 되어 올바르지 않은 자세를 유지하게 되었다.¹⁻³ 이와 같은 생활 방식은 구부정한 자세를 취하게 하고, 머리를 앞으로 과도하게 내밀게 하는 경향이 있으며, 이는 어깨 통증 및 근골격계 문제의 주요 원인이 되고 있다.¹⁻³ 이러한 부정적인 자세 중에서도 특히 둥근 어깨 자세(Round Shoulder Posture, RSP)는 상부 교차 증후군(Upper-Crossed Syndrome, UCS)의 대표적인 형태로 널리 인식되고 있다.¹⁻³

상부 교차 증후군은 몸의 특정 근육 그룹 사이에 발생하는 불균형에 의해 나타난다. 이 증후군에서는 등 부위의 위등세모근(upper tra-

pezius)과 어깨 올림근(levator scapulae), 가슴의 큰가슴근(pectoralis major)과 작은가슴근(pectoralis minor)이 과도하게 단축되는 경향이 있으며, 반면에 앞쪽의 목 굽힘근(deep cervical flexors), 중간등세모근(middle trapezius), 아래등세모근(lower trapezius)은 상대적으로 약화되는 현상이 발생한다.^{1,2,4} 이러한 근육 불균형은 목, 등, 어깨를 아우르는 광범위한 근골격계 질환의 위험을 증가시키며, 일상 생활에 있어 다양한 불편함과 제약을 가져온다.^{1,2}

RSP의 주요 특징 중 하나는 어깨뼈가 앞으로 향하는 경향을 보이는 것이다. 이는 작은가슴근의 지나친 단축과 아래등세모근의 약화에 기인한 결과로, 어깨뼈의 부적절한 정렬로 인해 어깨 충돌 증후군과 같은 기능적 장애 및 통증을 유발할 수 있다.^{5,6} 특히 아래등세모근은 어깨뼈의 안정적인 위치를 유지하는 데 필수적인 역할을 담당하고 있어, 이 근육의 강화는 RSP 치료에 중요한 요소로 간주된다.^{5,6}

Received March 25, 2024 Revised April 24, 2024

Accepted April 26, 2024

Corresponding author Heun-Jae Ryu

E-mail rickryu2321@gmail.com

Copyright ©2024 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.

따라서 RSP의 개선을 위해서는 아래등세모근과 앞톱니근의 근력을 강화하고 이들 근육의 가동 범위를 증가시키는 것이 필수적이다. 이와 함께, 단축된 작은가슴근을 신장시키기 위한 특정 스트레칭 및 연부조직을 자극하는 기술의 적용도 중요하다.^{5,7,8} 예컨대, Prone Y raise 운동은 아래등세모근을 타겟으로 하여 그 효율을 극대화하는 운동 방법 중 하나로 잘 알려져 있다.^{5,7,8} RSP의 치료를 위해 운동 요법 이외에도 다양한 방법들이 시도되고 있다. 예를 들어, 키네시오 테이핑(Kinesio Taping)은 근육의 긴장도를 조절하고 관절의 정렬을 개선하여 RSP 완화에 도움을 줄 수 있다.⁹ 또한, 맞춤형 보조기의 착용은 잘못된 자세를 교정하고 근육의 균형을 회복하는데 기여할 수 있다.¹⁰ 이러한 다각적인 접근법은 RSP의 효과적인 관리에 있어 운동 요법과 함께 고려될 수 있는 중요한 옵션이다.^{11,12}

신경근 전기자극치료(Neuromuscular Electrical Stimulation, NMES)는 근육 수축을 유도하고 필요한 움직임을 촉진하기 위해 전기 자극을 사용하는 치료 방법이다.^{13,14} 이 치료는 운동신경 섬유에 탈분극을 통한 근력 강화에 기여하며, 반복적인 전기 자극을 통해 근육 수축을 유도함으로써 뼈대근 활성을 증가시키고 생리적 및 구조적 변화를 가져온다.¹⁴ 최신의 연구에서는 아래등세모근과 앞톱니근에 NMES를 적용한 후 초음파 평가를 통해 어깨뼈 봉우리와 위팔뼈 사이의 명확한 거리 증가를 확인하였으며, 이는 NMES가 어깨 아래 공간을 확장하여 어깨 충돌 증후군에 따른 통증 완화에 효과적일 수 있음을 시사한다.¹³ 그러나 성인에서 등근 어깨 상태를 개선하기 위한 NMES의 효과에 대한 연구는 아직 충분치 않다. 아래등세모근은 어깨뼈의 안정성 유지와 위쪽 돌림 및 뒤쪽 기울임에 관여하는 핵심 근육으로, RSP의 주요 특징인 어깨뼈의 부적절한 정렬을 개선하는 데 중요한 역할을 한다.^{5,6} 선행 연구에 따르면, RSP 환자들은 일반적으로 아래등세모근의 약화를 보이며, 이 근육의 선택적 강화는 어깨뼈의 정렬 개선과 통증 감소에 효과적인 것으로 나타났다.^{12,15} 이러한 이유로 본 연구에서는 RSP 개선을 위해 아래등세모근을 주요 타겟 근육으로 선정하였다. 이에 본 연구는 성인을 대상으로 아래등세모근에 NMES 자극을 적용했을 때 RSP에 미치는 영향을 조사함으로써, 해당 치료법의 잠재적 유효성을 탐색하고자 한다.

연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 실험에 대해 동의한 천안 및 서산 지역의 20-30대의 성인 남녀 30명(남자 14명, 여자 16명)을 대상으로 선정기준은 바로누운 자세에서 어깨뼈 봉우리의 후면이 테이블과 수직거리가 2.5cm 이상인 등근어깨를 가졌으며¹⁰, 최근 1개월 이내 규칙적인 상체 자세 교정 또는 근력운동 경험이 없는 자로 선정하였다. 제외기준은 최근 1개월 이

내 상체와 관련해 정형외과 또는 신경외과적 치료 또는 수술을 받은 자, 최근 1개월 이내 어깨 통증으로 인한 물리치료나 약물치료의 경험이 있거나 어깨 외상의 경험이 있는 자, NMES 금지증에 해당하는 자는 제외하였다. 그리고 모든 실험자의 1회차 중재 전 측정 시 실험자 간 근활성도를 비교하여 동질성 검정 후 동질성이 떨어지는 실험자 1명을 추가로 제외하여 29명으로 실험을 진행하였다.

2. 연구 절차

본 연구는 2주 동안 진행되었으며, NMES를 적용하는 세 가지 다른 집단을 대상으로 실험을 진행하였다. NMES는 아래등세모근에 집중적으로 적용되었다. 첫 번째 집단은 NMES만 적용한 그룹, 두 번째 집단은 운동 중재만 적용한 그룹, 그리고 세 번째 집단은 NMES와 운동 중재를 병행한 그룹이다. 각 집단에 대한 NMES 적용은 주당 5회, 1회 적용 시 20분 동안 진행되었다. 운동 중재를 받은 집단은 작은가슴근 스트레칭을 3세트, 벽미끄럼 운동을 10회 3세트, 밴드를 사용한 동적 허그 운동을 10회 3세트, 그리고 밴드를 이용한 브루거 상체 운동을 10회 3세트로 수행하였으며, 각 운동 사이에는 30초간의 휴식 시간이 주어졌다. 운동 중재에 사용된 세라밴드(NAUM, Theraband, Korea)는 여성 참가자의 경우 저항력이 낮은 빨간색 밴드(level 2)를, 남성 참가자의 경우 저항력이 높은 초록색 밴드(level 3)를 사용하여 개인별 체력 수준에 맞게 적용되었다. 총 3회의 측정이 이루어졌는데, 첫 번째 측정은 실험 시작일에, 두 번째 측정은 5회 중재 적용 후, 세 번째 측정은 10회 중재 적용 후에 진행되었다.^{9,16-19}

3. 중재 방법

1) NMES

NMES는 2채널 저주파 전기치료 장비를 이용하여 전기자극을 실시하였다. 적용부위는 아래등세모근이며 3cm 크기의 사각전극(Chmedi, Gimpo, Korea)은 선행연구에 따라 해당하는 그룹의 실험자에게 어깨뼈 아래각과 7번째 등뼈 가시돌기 측면인 아래등세모근의 삼입부 사

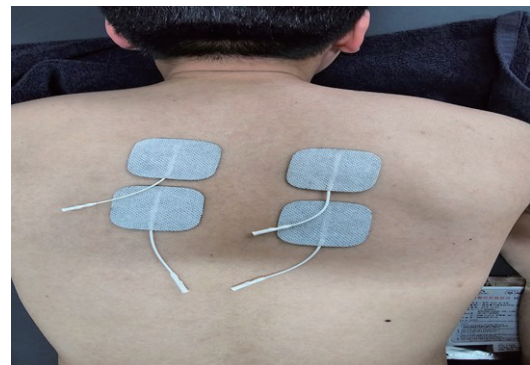


Figure 1. Electrodes were placed over the muscle belly of the lower trapezius

이의 선을 따라 정중선에 전극을 배치하였다(Figure 1).¹³ (1) 자극 주파수: 근육 수축의 속도와 강도를 결정한다. 일반적으로, 빠른 근육 섬유를 타겟으로 할 경우 높은 주파수(예: 50-60Hz)가, 느린 근육 섬유를 타겟으로 할 경우 낮은 주파수(예: 35-50Hz)가 사용된다. (2) 펄스 폭: 전기 자극의 지속 시간을 결정한다. 일반적으로, 펄스 폭은 150-350ms 사이에서 설정된다. (3) 자극 시간과 휴식 시간: 이는 근육이 자극을 받는 시간과 휴식하는 시간을 결정된다. 일반적으로, 자극 시간은 5-10초, 휴식 시간은 10-20초 사이에서 설정된다. (4) 세션의 길이와 빈도: NMES 세션의 길이는 일반적으로 20-60분이며, 일주일에 3-5번 실시하는 것이 일반적이다. (5) 자극 강도: 이는 전기 자극의 강도를 결정하며, 보통은 환자가 편안하게 느끼는 수준에서 설정된다. 목표는 보통 통증 없이 가능한 한 강한 근육 수축을 유발하는 것이다.

2) 운동 중재

(1) 작은가슴근 스트레칭

작은가슴근 스트레칭은 참가자들이 바로 선 자세에서 위팔을 90° 벌

림과 팔꿈치 90° 굽힘하고 아래팔은 벽에 고정한다. 대상자에게 몸통을 손상 측 어깨에서 멀어지도록 돌림을 하게하며, 신장의 느낌을 느낄 때까지 실시한다. 가슴이 앞으로 나오거나 허리의 과도한 편이 유발되지 않도록 척추의 자세를 유지하면서 실시하였다.⁹ 각 그룹별로 스트레칭 시간은 30초로 유지 후 제자리로 돌아와서 30초 휴식하는 방법으로 오른쪽, 왼쪽 동작을 3세트 실시하였다. 통증이나 불편함을 느끼는 경우 자세를 바꾸어 가며 안정을 취한 후 다시 시도하였다 (Figure 2A).

(2) 벽미끄럼 운동

벽미끄럼 운동은 참가자는 벽에 바른자세로 서서 턱을 약간 당기고 뒤통수부터 엉덩이, 종아리, 발꿈치까지 밀착하여 벽에 몸을 붙인다. 그 후 팔을 벌려 벽에 팔꿈치와 손등이 닿게 하여 팔을 위쪽방향으로 호를 그리며 뻗는다. 이때 팔꿈치와 손등이 벽에서 떨어지지 않게 하며 위등세모근이 보상작용을 하지 않도록 주의하여 실시하였다.¹⁸ 총 10회씩 3세트 실시하였으며 근피로를 최소화하기 위해 각 세트 간 30

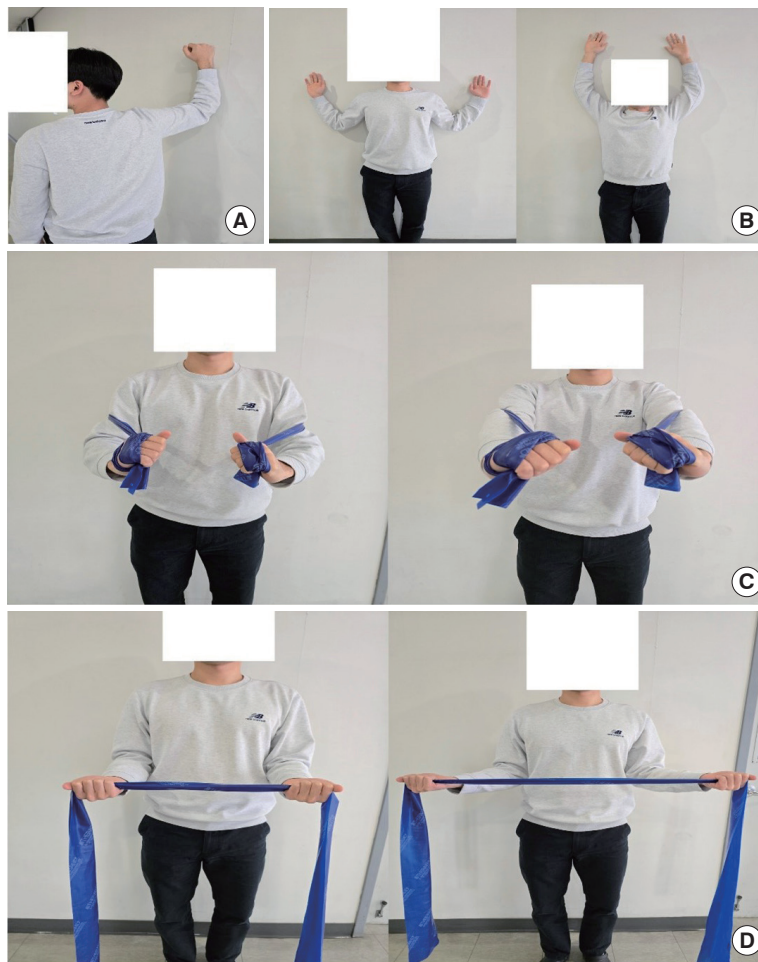


Figure 2. (A) Pectoralis minor stretching. (B) Wall-slide exercise. (C) Dynamic hug exercise with band. (D) Brugger stretching for upper body with band.

초 휴식을 제공하였다. 통증이나 불편함이 계속 느껴지면 즉시 중단하였다(Figure 2B).

(3) 밴드를 사용한 동적허그운동

밴드를 사용한 동적허그운동은 참가자는 등 위쪽에 세라밴드를 감은 상태에서 발을 어깨너비로 벌린 상태로 서서 무릎을 약간 구부리고 수행하였다. 대상자는 팔꿈치를 45° 굽히고 팔을 60° 바깥돌림시키고 어깨를 45° 안쪽돌림시킨 상태에서 시작하였다. 그런 다음 참가자는 손으로 묘사된 호를 따라 겨냥듯이 위팔뚝을 수평으로 구부렸다. 대상자의 손이 거의 닿을 듯하면(최대 어깨뼈 내뿔) 천천히 시작 위치로 돌아가도록 하였다.¹⁶ 총 10회씩 3세트 실시하였으며 근피로를 최소화하기 위해 각 세트 간 30초 휴식을 제공하였다. 통증이나 불편함이 계속 느껴지면 즉시 중단하였다(Figure 2C).

(4) 밴드를 사용한 브루거 상체운동

밴드를 사용한 브루거 상체운동은 참가자들은 세라밴드를 들고 어깨를 외전시킨 상태로 팔꿈치 90° 굽힌 상태에서 어깨의 바깥돌림과 함께 어깨뼈를 수축시켜 10초간 유지한 후 원래의 자세로 돌아오도록 하였다. 이때 보상작용으로 가슴과 배가 나오지 않도록 하였고 어깨가 올라가지 않도록 주의하여 실시하였다.^{17,19} 총 10회씩 3세트 실시하였으며 근피로를 최소화하기 위해 각 세트 간 30초 휴식을 제공하였다. 통증이나 불편함이 계속 느껴지면 즉시 중단하였다(Figure 2D).

4. 평가 도구

1) Supine method (SM)

RSP를 평가하는 신뢰도가 높은 SM을 사용하였다.^{7,10} 이 방법은 대상자가 바로 누운 자세에서 치료 테이블과 어깨뼈 봉우리 사이의 수직 거리를 측정하는 방식이다. 대상자는 매트에 반듯하게 누운 자세에서 자연스럽게 편안한 자세를 취하게 하였다. 측정은 스틸자를 사용하여 진행되었다. 이 방법은 어깨의 자세와 그에 따른 근육의 길이 변

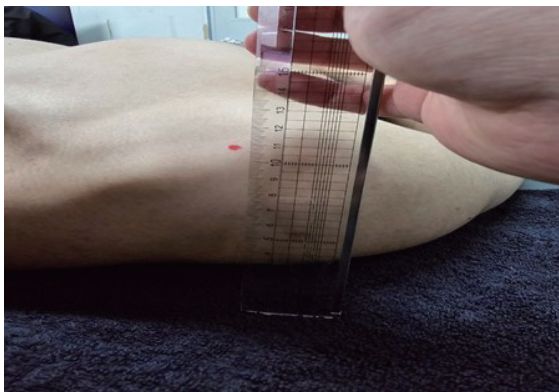


Figure 3. Supine method measurement

화를 정확하게 측정할 수 있어 매우 유용하다(Figure 3).

2) 근전도 검사(Electromyography)

모든 대상자들의 아래등세모근 활성도를 측정하기 위하여 표면 근전도 측정장비(NORAXON Myosystem EMG, Noraxon Inc., USA)를 사용하였다. 전극은 2극으로 이루어진 표면 전극을 사용하였으며 이는 무선 송신기와 연결되고 송신기가 무선으로 주파수를 수신기로 전송하여 데이터를 수집하였다. 근전도 신호의 주파수 대역폭은 40-250Hz로 설정하였고 샘플링 주파수는 1,000Hz로 하였다. 본 연구에서는 실험에서 측정하고자 하는 근육의 근전도 신호량은 Root mean square (RMS) 값에 최대 수의적 등척성 근수축 값(Maximal voluntary isometric contraction, MVIC)으로 나누어 백분율로 환산한 값으로 표준화하였다(%MVIC). 5초 동안의 MVIC 측정 중, 중간 3초의 데이터만 분석에 활용하였으며, 대상자들은 배를 대고 누운 자세에서 양팔을 'Y'자 형태로 들어 올리는 동작인 prone Y-raise를 3회 반복하여 아래등세모근 활성의 평균 값을 얻었다. 전극은 어깨뼈의 아래각을 기준으로 내측 10cm 위치에 부착하였다.

5. 자료분석

본 연구에서 수집한 데이터는 Windows SPSS 버전 25.0 (IBM Co., Chicago, IL, USA) 프로그램을 사용하여 부호화 및 분석하였다. 통계프로그램을 이용하여 대상자의 일반적 특성을 기술통계로 분석하였으며, 정규성검정(Shapiro-Wilk test)에 따라 각 시점별로 그룹 간 SM, EMG를 비교하기 위해서 크러스칼-월리스검정(Kruskal-wallis test)을 실시했다. 중재 전, 중, 후 변수 차이는 프리드만 검정(Friedman test)으로 분석했다. 통계적 유의성 수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정했다. 각 집단 내에서 사후 검정은 윌콕슨 부호 순위 검정(Wilcoxon's signed-ranks test)으로 실시했으며, 집단 간 사후 검정은 맨-휘트니 검정(Mann-Whitney test)을 사용했고, 통계적 유의수준은 본페로니 보정(Bonferroni correction)을 적용하여 $\alpha=0.017$ 로 설정하였다.

결 과

1. 연구대상자의 일반적 특성

본 연구를 진행한 연구 참가자들은 총 29명이며 성별 비는 남자 13명, 여자 16명이고, 나이 23.2 ± 3.8 세, 키 165.2 ± 6.2 cm, 몸무게 66.1 ± 11.2 kg이다(Table 1).

2. 중재 전과 후의 SM

각 그룹의 SM 변화는 Table 2와 같다. 모든 그룹에서 중재 전, 중, 후에 SM에 유의한 변화가 관찰되었다($p < 0.05$). 특히, NMES 그룹에서는

중재 1주 후에 중재 전과 2주 후보다 SM이 유의하게 감소했다 ($p < 0.017$). 운동 그룹과 NMES와 운동을 병행한 그룹에서는 중재 2주 후에 중재 전과 1주 후보다 SM이 유의하게 감소했다 ($p < 0.017$). 그러나 각 시점별로 그룹 간에는 유의한 차이가 없었다 ($p > 0.05$).

3. 중재 전과 후의 EMG

EMG에 관한 결과는 Table 3과 같다. 모든 그룹에서 중재 전, 중, 후에 %MVIC에서 유의한 변화가 나타났다 ($p < 0.05$). 모든 그룹에서 중재 2주 후에서 중재 전과 1주 후에 비해 %MVIC가 유의하게 증가했다 ($p < 0.017$). 하지만 각 시점별로 또는 그룹 간에는 유의한 차이가 발견되지 않았다 ($p > 0.05$).

고찰

본 연구는 RSP를 지닌 성인 29명을 대상으로 아래등세모근에 NMES와 운동 중재를 단독 또는 병행 적용하여 동근 어깨 상태를 개선할 수 있는지를 확인하기 위해 실험을 진행하였다. 참가자들은 NMES

군, 운동군, 그리고 NMES와 운동을 동시에 적용한 군으로 분류되었다. 각 군은 10일 동안, 하루에 한 번, 20분간 실험에 참여했다. 실험 결과, 모든 중재 그룹에서 유의미한 개선이 관찰되었으나 그룹 간 차이는 없었다. 이는 NMES나 운동 프로그램의 단독 적용만으로도 RSP 개선에 효과적일 수 있음을 시사한다.

RSP는 작은가슴근의 단축과 아래등세모근의 약화로 인해 어깨뼈의 앞쪽 기울임과 위쪽 돌림이 제한되어 발생하며, 이는 어깨 충돌증후군과 같은 문제의 위험을 증가시킨다.^{7,20-22} 따라서 아래등세모근의 활성화는 RSP의 개선과 어깨 질환 관리에 중요한 역할을 한다.^{23,24} 선행연구들은 아래등세모근 강화 운동이 근활성도를 높이고 어깨뼈의 정렬을 개선하는 데 효과적임을 보고하였다.^{25,26} 최근에는 작은가슴근 스트레칭과 아래등세모근 강화를 병행하는 접근법이 RSP 교정에 도움이 될 수 있다고 제안되었다.^{20,27} 따라서, 본 연구에서는 RSP 개선을 위해 자세 균형에 영향을 미치는 아래등세모근에 초점을 맞추어 NMES를 단독으로 적용하거나 운동과 병행하였을 때의 효과를 확인하고자 하였다.

NMES의 사용은 근육에 전기적 자극을 제공하여 근육 두께와 어깨뼈의 위치를 안정시키는 등 근육 기능과 관절 정렬의 개선에 기여할 수 있다.¹³ 운동 프로그램은 어깨 근육의 강화와 근육 활성화를 통해 어깨 관절의 정렬을 개선하는 데 중요한 역할을 할 수 있음을 보여준다.^{20,25-29} 이전 연구에서는 스트레칭과 근육 강화 운동의 병합이 작은가슴근의 길이를 증가시키고 RSP를 교정하는 데 유익하다고 보고하였다.^{20,27} 그러나 이 연구에서 NMES와 운동을 병행한 그룹이 다른 그룹에 비해 유의미한 추가 효과를 보이지 않았다는 점은 두 중재 방

Table 1. General characteristics of subjects

	NMES (n=9)	Exercise (n=10)	NMES+Exercise (n=10)
Height (cm)	165.6±8.6	164.9±5.5	165.1±5.2
Weight (kg)	64.9±14.8	65.6±11.5	64.0±7.8
Age (years)	23.0±3.5	23.0±1.6	23.6±4.5
Sex (M/F)	4/5	4/6	5/5

Mean ± standard deviation (SD). NMES: neuromuscular electrical stimulation.

Table 2. Supine method

	Group	Pre	1 week	2 weeks	χ^2	p
Supine method	NMES	5.26±1.40	4.31±1.37 ^{a,b}	4.69±1.17	6.343	0.042*
	Ex	7.01±1.86 ^{c,d}	5.16±1.17	4.63±1.21	6.200	0.045*
	NMES+Ex	6.26±1.18 ^{c,d}	5.01±1.17	4.20±1.45	15.800	<0.001*
z		5.130	2.661	0.726		
p		0.077	0.264	0.695		

Mean ± standard deviation (SD). NMES: Neuromuscular stimulation group, Ex: Exercise group. ^apre > 1 week, ^b1 week < 2 weeks, ^cpre > 1 week, ^dpre > 2 weeks. *p < 0.05: Kruskal-Wallis, Friedman test.

Table 3. Electromyography on lower trapezius

	Group	Pre	1 week	2 weeks	χ^2	p
%MVIC	NMES	56.93±15.23	62.03±12.99	74.26±11.66 ^{a,b}	8.222	0.016*
	Ex	54.05±16.56	58.77±12.43	78.80±15.08 ^{a,b}	9.800	0.007*
	NMES+Ex	52.69±13.58	61.55±7.03	78.83±10.82 ^{a,b}	15.800	<0.001*
z		0.397	0.089	0.610		
p		0.820	0.956	0.737		

Mean ± standard deviation (SD), %MVIC: Maximal voluntary isometric contraction, NMES: Neuromuscular stimulation group, Ex: Exercise group. ^apre < 2 weeks, ^b1 week < 2 weeks. *p < 0.05: Kruskal-Wallis, Friedman test.

법의 상호 보완적 가능성을 시사하면서도, 각각의 중재 방법이 독립적으로도 충분히 유효할 수 있음을 나타낸다. NMES는 전기적 자극을 통해 직접적으로 근육 수축을 유도하여 근력을 증가시키고 근육의 활성화를 촉진하는 반면^{30,31}, 운동 프로그램은 근육의 조화로운 작용과 전반적인 신체의 균형 및 조정 능력을 향상시킨다.^{4,20,25-29}

한 가지 주목할 점은 NMES 그룹에서 1주차에 비해 2주차에 SM이 다시 약간 증가한 현상이다. 이는 지속적인 전기 자극에 대한 근육의 순응 효과와 관련이 있을 수 있다. NMES는 초기에 근육을 빠르게 자극하여 어깨 자세를 개선시킬 수 있으나, 시간이 지날수록 그 효과가 다소 감소할 수 있음을 시사한다.^{15,32} 반면, 운동 그룹과 병행 그룹에서는 꾸준한 SM 감소를 보였는데, 이는 운동이 점진적이고 지속적인 자세 개선을 유도할 수 있음을 나타낸다. 이러한 결과는 RSP 관리를 위한 중재 방법 선택 시, NMES와 운동의 특성을 고려해야 함을 시사한다. NMES는 단기적으로 빠른 효과를 기대할 수 있으나 장기적으로는 그 효과가 제한적일 수 있다. 반면, 운동은 비록 초기 효과는 더딜 수 있으나 꾸준히 시행할 경우 지속적인 자세 개선을 기대할 수 있다. 따라서 환자의 상태와 선호도, 치료 기간 등을 종합적으로 고려하여 적절한 중재 방법을 선택하는 것이 중요하다.

이러한 결과를 통해 RSP 관리를 위한 중재 방법 선택 시, NMES 또는 운동 프로그램을 단독으로도 적용하는 것이 효과적일 수 있음을 시사한다. 그러나 개별 환자의 특성과 필요에 따라 중재 방법을 조정하는 것이 중요하므로 향후 연구에서는 다양한 환자 집단에서 이러한 중재 방법들의 효과를 더 깊이 연구할 필요가 있다.

결론적으로, 본 연구는 RSP 개선을 위한 중재 방법으로서 NMES와 운동 프로그램의 유효성을 입증하였다. 특히, NMES 단독 적용의 경우, 다른 방법과 비교하여 차이가 없으므로 충분히 유효한 중재 방법으로 나타났다. 이는 임상적 적용에서 NMES와 운동 프로그램을 환자의 특성에 맞추어 적절히 활용할 수 있는 근거를 제공한다. 본 연구의 제한점은 첫째, 연구 대상 연령이 20-30대 성인으로 한정되어 더 다양한 연령대를 포함한 연구가 필요하다. 둘째, 성별에 따른 근력 차이를 고려하지 않고 동일한 저항을 적용한 점이다. 셋째, 짧은 중재기간으로 인해 장기적 효과를 확인하지 못했다. 추후 연구에서는 이러한 제한점들을 보완하여 NMES가 RSP에 미치는 영향을 더 자세히 규명할 필요가 있다.

REFERENCES

1. Mol N, Abeeshna A, Kumar D et al. Upper crossed syndrome: trends and recent advances in the physiotherapy treatment a narrative review. *J Pharm Res Int.* 2021;33:359-67.
2. Muscolino J. Upper crossed syndrome. *J Aust Tradit Med Soc.* 2015;21(2).
3. Roshani S, Yousefi M, Sokhtezari Z et al. The effect of a corrective exercise program on upper crossed syndrome in a blind person. *J Rehabil Sci Res.* 2019;6(3):148-52.

4. Javazi F, Sedaghati P, Daneshmandi H. The effect of selected corrective exercises with physioball on the posture of female computer users with upper crossed syndrome. *J Sport Biomech.* 2019;5(2):112-23.
5. Hasan S, Iqbal A, Alghadir AH et al. The combined effect of the trapezius muscle strengthening and pectoralis minor muscle stretching on correcting the rounded shoulder posture and shoulder flexion range of motion among young saudi females: a randomized comparative study. *Healthcare (Basel).* 2023;11(4):500.
6. Rosa DP, Borstad JD, Pires ED et al. Reliability of measuring pectoralis minor muscle resting length in subjects with and without signs of shoulder impingement. *Braz J Phys Ther.* 2016;20:176-83.
7. Choi SA, Cynn HS, Lee JH et al. Relationships between rounded shoulder posture and biceps brachii muscle length, elbow joint angle, pectoralis muscle length, humeral head anterior translation, and glenohumeral range of motion. *Phys Ther Korea.* 2017;24(2):48-57.
8. Ekstrom RA, Donatelli RA, Soderberg GL. Surface electromyographic analysis of exercises for the trapezius and serratus anterior muscles. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2003;33(5):247-58.
9. Ahn SJ, Choi EH, Kim MK et al. The effects of kinesiology taping and pectoralis minor self-stretching on posture change and muscle tone in adults with rounded shoulder posture. *J Korean Soc Phys Med.* 2019;14(4):81-91.
10. Kang JH, Park TS. Effect of shoulder brace design on round shoulder posture. *PNF & Mov.* 2022;20(3):391-7.
11. Sahrman S. Diagnosis and treatment of movement impairment syndromes-e-book. Elsevier Health Sciences. 2001:193-256.
12. Sahrman S, Azevedo DC, Van Dillen L. Diagnosis and treatment of movement system impairment syndromes. *Braz J Phys Ther.* 2017;21(6):391-9.
13. Bdaiwi AH, Mackenzie TA, Herrington L et al. Acromioclavicular distance during neuromuscular electrical stimulation of the lower trapezius and serratus anterior muscles in healthy participants. *J Athl Train.* 2015;50(7):713-8.
14. Spector P, Laufer Y, Gabyzon ME et al. Neuromuscular electrical stimulation therapy to restore quadriceps muscle function in patients after orthopaedic surgery: a novel structured approach. *J Bone Joint Surg Am.* 2016;98(23):2017-24.
15. Gondin J, Brocca L, Bellinzona E et al. Neuromuscular electrical stimulation training induces atypical adaptations of the human skeletal muscle phenotype: a functional and proteomic analysis. 2011;110(2):433-50.
16. Decker MJ, Hintermeister RA, Faber KJ et al. Serratus anterior muscle activity during selected rehabilitation exercises. *Am J Sports Med.* 1999;27(6):784-91.
17. Page P, Frank CC, Lardner R. Assessment and treatment of muscle imbalance. Champaign, IL, Human Kinetics, 2010:99-100.
18. Park HK, Yang BI. Effects of quadruped exercise and wall slide exercise on shoulder height and muscle activity of university students with rounded shoulders. *J Korean Acad Orthop Man Phys Ther.* 2020;24:39-45.
19. Yang KH, An PT, Ms SSL. The effects of intensive serratus anterior and lower trapezius muscle training with theraband on muscle activation, height of shoulder in people with rounded shoulder. *Phys Ther Korea.* 2021;25(1):25-30.

20. Kara D, Harput G, Duzgun I. Trapezius muscle activation levels and ratios during scapular retraction exercises: a comparative study between patients with subacromial impingement syndrome and healthy controls. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2019;67:119-26.
21. Lee E, Choi WJ, Jung DI et al. A randomized controlled trial on posture improvement and trunk muscle strength by round shoulder posture improvement exercise. *Int J E Health Med Commun*. 2018;9(4):1-10.
22. Park SW, Lee HS. Effects of posture correction exercise on muscle activity and onset time during arm elevation in subject with forward head and rounded shoulder posture. *J Korean Soc Phys Med*. 2020;15(3):29-41.
23. Lin JJ, Wu YT, Wang SF et al. Trapezius muscle imbalance in individuals suffering from frozen shoulder syndrome. *Clin Rheumatol*. 2005;24:569-75.
24. Westgaard RH, Vasseljen O, Holte KA. Trapezius muscle activity as a risk indicator for shoulder and neck pain in female service workers with low biomechanical exposure. *Ergonomics*. 2001;44(3):339-53.
25. Cools AM, Dewitte V, Lanszweert F et al. Rehabilitation of scapular muscle balance: which exercises to prescribe? *Am J Sports Med*. 2007;35(10):1744-51.
26. Kang M. Arm lifting exercises for lower trapezius muscle activation. *J Int Acad Phys Ther Res*. 2019;10(4):1868-72.
27. Camargo PR, Neumann DA. Kinesiologic considerations for targeting activation of scapulothoracic muscles—part 2: trapezius. *Braz J Phys Ther*. 2019;23(6):467-75.
28. Kinney E, Wusthoff J, Zyck A et al. Activation of the trapezius muscle during varied forms of Kendall exercises. *Phys Ther Sport*. 2008;9(1):3-8.
29. McCabe RA, Orishimo KF, McHugh MP et al. Surface electromyographic analysis of the lower trapezius muscle during exercises performed below ninety degrees of shoulder elevation in healthy subjects. *N Am J Sports Phys Ther*. 2007;2(1):34.
30. Doucet BM, Lam A, Griffin L. Neuromuscular electrical stimulation for skeletal muscle function. *Yale J Biol Med*. 2012;85(2):201.
31. Trimble MH, Enoka RM. Mechanisms underlying the training effects associated with neuromuscular electrical stimulation. *Phys Ther*. 1991;71(4):273-80.
32. Martimbianco ALC, Torloni MR, Andriolo BN et al. Neuromuscular electrical stimulation (NMES) for patellofemoral pain syndrome. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017(12):CD011289.