

Original Article

Open Access

근전도 생체피드백 훈련이 봉우리밑 충돌증후군 환자의 등세모근 근활성도에 미치는 즉각적인 효과

정종철 · 안다인 · 윤소희 · 이재승 · 김수용†
양산부산대학교병원 물리치료실

The Immediate Effects of Electromyographic Biofeedback Training on Muscle Activity of Trapezius in Patients with Subacromial Impingement Syndrome

Jong-Chul Jung, P.T., M.S · Da-In An, P.T., B.S · So-Hee Yoon, P.T., M.S ·
Jae-Seung Lee, P.T., B.S · Soo-Yong Kim, P.T., Ph.D†

Department of Physical Therapy, Pusan National University Yangsan Hospital

Received: February 3, 2020 / Revised: February 20, 2020 / Accepted: February 25, 2020

© 2020 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: To investigate the effects of electromyography (EMG) biofeedback on the muscle activity of the trapezius, shoulder pain, function, and range of motion (ROM) in patients with subacromial impingement syndrome (SAIS).

Methods: Sixteen patients (9 males and 7 females) with SAIS participated voluntarily. The main outcome measures were muscle activity of the trapezius, shoulder pain (VAS), ROM, and the shoulder pain and disability index (SPADI). Exercises with EMG biofeedback consisted of shoulder flexion in a standing position, shoulder external rotation in a side-lying position, and shoulder horizontal abduction in a prone position. Post measurements were taken immediately after EMG biofeedback training.

Results: Middle and lower trapezius activity, as well as ROM, was significantly increased by exercise with EMG biofeedback ($p < 0.05$). In addition, VAS and SPADI scores significantly decreased post-EMG biofeedback training ($p < 0.05$).

Conclusion: EMG biofeedback intervention is an effective exercise for SAIS patients to restore activity of the middle and lower trapezius and to improve pain, shoulder function, and ROM.

Key Words: Biofeedback, Subacromial impingement syndrome, Trapezius muscles

†Corresponding Author : Soo-yong Kim (gasigogil1@naver.com)

I. 서론

봉우리밑 충돌증후군(subacromial impingement syndrome)은 어깨 통증을 호소하며 방문하는 환자들 중 44-65%를 차지하는 가장 흔한 어깨의 질병이다 (Michener et al., 2003; van der Windt et al., 1995, 1996; Vecchio et al., 1995). 많은 요인들이 봉우리밑 충돌증후군을 발생시키는데, 그 중 하나가 등세모근의 불균형이다(Michener et al., 2003). 봉우리밑 충돌증후군 환자들은 정상인에 비해 어깨관절 올림 시 아래등세모근과 중간등세모근의 근활성도는 감소되고, 위등세모근의 근활성도는 증가되었다고 보고되었다(Borstad & Ludewig, 2005; Smith et al., 2009). 이러한 등세모근 근활성도의 변화로 인해 어깨관절 올림 동안 어깨뼈 위쪽돌림과 뒤기움임 감소와 함께 과도한 어깨뼈 올림이 발생할 수 있다(Endo et al., 2001; Ludewig & Cook, 2000; Lukasiewicz et al., 1999). 이로 인해 봉우리밑 공간이 좁아져 통증과, 어깨의 기능부전, 관절가동범위의 제한을 유발할 수 있다(Lewis & Valentine, 2008). 따라서 봉우리밑 충돌증후군 환자의 재활 프로그램으로 아래등세모근과 중간등세모근을 선택적으로 근활성도를 증가시킬 수 있는 운동 방법이 필요하다.

등세모근간의 근활성도 비율을 회복하기 위해 다양한 운동들이 사용되고 있다. Cool 등(2007)은 정상인들에게 옆으로 누워서 가쪽돌림(side-lying external rotation), 옆으로 누워서 앞쪽굽힘(side-lying forward flexion), 가쪽돌림을 동반한 엎드려 수평벌림(prone horizontal abduction with external rotation) 및 엎드려 펴기(prone extension)를 실시한 결과 등세모근 간의 근활성도 비율이 향상되었다고 보고하였다. 이런 운동 방법이 등세모근간 근활성도 비율을 향상시킨다는 것을 알 수 있지만, 운동 중 실질적으로 선택적인 수축이 일어나는지 확인할 방법이 없으며, 과도한 위등세모근 근활성도와 같은 보상 작용이 일어날 수 있다. 그래서 등세모근 운동 중 아래등세모근과 중간등세모근의 선택적인 수축이 일어나게 할 수 있는 방법이 필요하다.

근전도 생체피막임 운동은 전기적 장비에 실시간으로 나타나는 생리학적인 사건(physiological event)들을 확인할 수 있으며, 이를 통해 대상자들은 어떻게 근육을 조절하는지에 대해서 배울 수 있다(Basmajian, 1981). 그래서 근전도를 이용한 생체피막임은 등세모근 강화 운동 중 선택적인 아래등세모근과 중간등세모근의 활성화를 증가시킬 수 있는 방법으로 사용할 수 있다(Huang et al., 2013). Huang 등(2013)은 봉우리밑 충돌증후군 환자에게 앞쪽굽힘과 옆으로 누워서 가쪽돌림을 실시하는 동안 근전도를 이용한 생체피막임을 적용한 경우가 적용하지 않은 경우보다 위등세모근/아래등세모근 근활성도 비율과 위등세모근/중간등세모근 근활성도 비율이 통계학적으로 유의하게 낮아졌다고 보고하였으며, 다른 연구에서도 근전도 생체피막임 운동을 적용한 결과 뒤어깨세모근/가시아래근의 비율과 위등세모근에 대한 아래등세모근, 중간등세모근 및 앞톱니근의 근활성도 비율이 향상되었다고 보고하였다(Holtermann et al., 2009, 2010; Lim et al., 2014).

선행 연구 결과를 바탕으로 근전도를 이용한 생체피막임 훈련이 근육간의 균형 회복에 효과적인 것을 알 수 있다(Holtermann et al., 2009, 2010; Huang et al., 2013; Lim et al., 2014). 하지만 봉우리밑 충돌증후군 환자에게에 대해 조사한 연구가 부족한 실정이며, 대부분 정상인을 대상으로 하였기 때문에 봉우리밑 충돌증후군 환자에게 일반화하기는 어렵다. 또한, Huang 등(2013)의 연구에서는 임계값을 설정하지 않고 운동을 실시하였기 때문에 운동의 강도를 정량화하기 어렵다는 단점이 있다.

따라서, 본 연구의 목적은 봉우리밑 충돌증후군 환자들에게 근전도 생체피막임을 이용한 등세모근 운동이 등세모근 근활성도, 어깨통증, 어깨 기능 및 어깨관절가동범위에 미치는 효과에 대해 조사하는 것이다. 가설은 근전도 생체피막임을 적용한 경우가 아닌 경우보다 아래등세모근, 중간세모근 근활성도 및 관절가동범위는 증가하고, 위등세모근, 어깨통증, 어깨기능 점수는 감소한다고 설정하였다.

II. 연구방법

1. 연구 대상

본 연구는 봉우리밀 충돌증후군을 가지고 있는 성인 16명(남자 9명, 여자 7명, 나이: 28.92 ± 10.48 세, 키: 167 ± 7.12 cm, 몸무게: 64.97 ± 11.93 kg, 체질량지수: 23.95 ± 3.60 kg/m²)을 모집하였다. 연구에 참여한 모든 대상자들은 연구 목적에 대한 제한적 내용과 함께 실험 방법에 대한 설명을 제공받았고, 자발적으로 실험 참여에 동의하였다. 대상자의 선정 조건은 시각적 통증 척도 기준으로 어깨 통증이 3에서 7 사이인 경우, 어깨관절 굽힘 가동범위가 120도 이상인 경우 그리고 니어 충돌 검사(Neer's impingement test) 양성, 호킨스 케네디 충돌 검사(Hawkins-Kennedy impingement test) 양성, 어깨관절 올림 동안 통증호, 엠티캔 검사(empty can test), 위팔뼈 큰결절 압통 중 최소 4가지 이상 양성인 경우이다. 배제 조건은 어깨관절 수술, 어깨복합체 골절의 이력이 있거나 목뼈 부위에 문제가 있는 자, 오목위팔관절의 불안정성을 보이는 자로 설정하였다(Lewis et al., 2005). 연구에 참여하기 전에, 모든 대상자는 부정대학교 기관생명윤리위원회가 승인한 정보 동의서를 읽고 서명했다.

2. 측정방법 및 도구

1) 어깨 통증

시각적 통증 척도(visual analogue scale, VAS, 0-10cm)를 이용하여 어깨 통증을 측정하였다. 0은 통증이 없음을 뜻하고, 10은 가장 심한 통증을 의미한다. 선행 연구에서 시각적 통증 척도의 신뢰도(급내상관계수: 0.74)와 타당도($r \geq 0.8$)는 높게 나타났다(Phan et al., 2012).

2) 어깨 기능 평가

어깨 통증 및 기능장애 척도(shoulder pain and disability index, SPADI) 설문지를 사용하여 어깨 기능

정도를 측정하였다. 이 설문지는 어깨의 병리와 관련된 통증과 장애를 측정하기 위해 개발된 자기기입식 지표이며, 신뢰도(급내상관계수: 0.91)와 타당도($r \geq 0.70$)가 높다(Beaton & Richards, 1998; Getahun et al., 2000). 통증과 장애의 두 가지 항목으로 나뉘고, 통증은 5개 항목, 장애는 8개 항목으로 총 13개의 항목으로 구성된다. 총점 0점은 기능이 가장 좋다는 것을 의미하고, 130점은 가장 나쁘다는 것을 의미한다(Roach et al., 1991).

3) 어깨 관절가동범위

관절각도계(goniometer, Baseline®, USA)를 사용하여 어깨관절의 굽힘, 벌림, 가쪽돌림 및 안쪽돌림의 가동범위를 측정하였다. 어깨 굽힘을 측정하기 위해 대상자는 앉은 자세에서 위팔을 몸통에 붙인다. 관절 각도계 축은 위팔의 가쪽면에서 오목위팔뼈머리의 중심에 둔다. 관절 각도계의 고정막대는 상체와 평행이 되게 하고, 대상자는 시상면에서 통증이 없는 범위까지 팔을 들어올린다. 관절 각도계의 이동 막대는 오목위팔뼈와 평행이 되게 한 후 어깨관절의 움직임 각도를 측정한다. 벌림을 측정하기 위해 대상자들은 어깨를 가쪽돌림 시킨 상태에서 팔을 몸통에 붙인 자세로 선다. 벌림은 각도계를 사용하여 오목위팔관절 뒷쪽의 중심부를 축으로 관절각도계의 고정막대는 몸통과 평행하게 놓고, 대상자는 정중면에서 통증이 없는 범위까지 팔을 벌린다. 관절각도계 이동 막대는 오목위팔뼈의 가쪽위관절융기쪽을 향하게 하여 평행하게 만든 후 어깨관절의 움직임 각도를 측정하였다. 가쪽돌림과 안쪽돌림을 측정하기 위해서 대상자들은 팔꿈치 관절 90도 굽힘과 어깨관절 90도 벌림 자세로 바로 누웠다. 축은 팔꿈치머리돌기에 두고 고정막대와 이동막대는 아래팔과 평행하게 놓는다. 그 다음 통증이 없는 끝 범위까지 안쪽돌림과 가쪽돌림을 각각 실시하였다. 그 위치에서 검사자는 가쪽돌림과 안쪽돌림의 각도를 측정하였다(Senbursa et al., 2007). 선행연구에서 관절각도계를 이용한 어깨관절 가동범위 측정의 신뢰도(급내상관계수 ≥ 0.94)와 타당도($r \geq 0.85$)는 높

다고 보고하였다(Kobler & Hanney, 2012).

4) 등세모근 근활성도

본 연구에서는 어깨관절 굽힘 동안 등세모근(위, 중간, 아래)의 근활성도 양상을 분석하기 위해 표면 근전도 측정 장비(TeleMyo DTS, Noraxon Inc., USA)를 사용하였으며, Myo-Research Master Edition 1.06 XP software (Noraxon Inc., USA)를 이용하여 자료를 수집 및 처리하였다. 피부저항을 최소화하기 위해 대상자의 부착 부위에 면도를 하고 알코올 솜으로 피부를 깨끗이 한 후 전극을 부착하였다. 표면 전극은 한 쌍으로 이루어져 있으며, 두 극의 거리는 2cm로 유지하고 각 근육의 중간에 근섬유 평행한 방향으로 붙였다. Cram (1998)의 방법에 따라 위등세모근(7번 목뼈의 가시돌기와 어깨뼈봉우리 뒤쪽의 중간부분), 중간등세모근(3번 등뼈와 어깨뼈 가시뿌리의 중간부분) 및 아래등세모근(7번 등뼈와 어깨뼈 가시의 교차 지점의 중간부분)에 전극을 부착하였다. 근전도 신호의 표본 추출률(sampling rate)은 1000Hz로 설정하였고, 대역폭(band pass filter)은 20-450Hz, 노치필터(notch filter)는 60Hz를 사용하였다. 측정된 신호는 제곱 평균 제곱근법(root mean square, RMS)로 처리하였다. 근활성도 자료를 표준화하기 위해 특정 동작 기준 수축(reference voluntary isometric contraction, RVIC)을 사용하였고, Lopes 등(2015)의 방법에 따라 대상자는 선 자세를 취한 후 시상면에서 팔을 90도로 올린 상태로 위쪽을 향해 힘을 주고, 측정자는 팔꿈치에 손을 대고 아래쪽 방향으로 저항을 준 상태로 5초 동안 유지하였다. 특정 동작 기준 수축은 최대 수의적 등척성 수축보다 적은 힘을 발생하지만, 통증을 유발하지 않거나 최소화할 수 있기 때문에 사용하였다. 근활성도는 5초간 측정하였고, 최대 진폭에 도달했음을 보장하기 위해 처음 1초를 제외하였고, 지속적으로 최대 근육수축에 의한 피로를 피하기 위해 마지막 1초를 제외하였다. 총 3회 측정 후 평균값을 사용하였으며, 각 실험 사이에는 3분간의 휴식을 취했다. 근활성도는 특정 동작

기준 수축의 백분율(%RVIC)로 사용되었고 위등세모근, 중간등세모근 및 아래등세모근의 측정은 약 120도에 도달할 때까지의 5초, 120도 상태에서 유지하는 5초 그리고 다시 팔을 내려 처음 상태로 도달할 때까지의 5초를 측정하였다. 역시 처음과 끝의 1초는 제외하고 자료를 분석하였다.

5) 근전도 생체피드백을 이용한 어깨뼈 운동

등세모근 근활성도를 증가시키기 위해 3가지 어깨뼈 운동을 실시하였다. 어깨뼈 운동은 앞쪽굽힘(forward flexion), 가쪽돌림을 동반한 옆드려 수평벌림(prone horizontal abduction with external rotation), 옆으로 누운 자세에서 가쪽돌림(side-lying external rotation)으로 구성된다. 선행 연구에서 위의 3가지 운동이 등세모근의 선택적 활성화에 효과가 있다고 보고하였기 때문에 이 운동들을 선택하였다(Cool et al., 2007; Ludwig & Cook, 2000). 각 운동들은 동심성 수축(3초), 등척성 수축(6초), 편심성 수축(3초)으로 나누어서 실행하였다. 그리고 운동 움직임과 구간을 표준화하기 위하여 메트로놈을 이용하였다. 어깨관절 앞쪽굽힘과 옆으로 누운 자세에서 가쪽돌림 시에는 덤벨을 사용하였다. 선행 연구(Huang et al., 2013)에서 적용했던 덤벨 무게로 실시하니 보상 동작 혹은 통증을 호소하는 대상자가 있었다. 그래서 예비실험 단계에서 다양한 덤벨 무게로 적용해보니, 몸무게가 59kg 이하인 대상자들은 덤벨의 무게를 2lbs, 60kg 이상인 대상자들은 3lbs를 적용하였을 때 보상 동작과 통증없이 수행하였기 때문에 몸무게가 59kg 이하인 대상자들은 2lbs로 적용하였고, 60kg 이상인 대상자는 3lbs로 적용하였다. 그래서 앞쪽굽힘은 바로 선 자세로 시상면을 기준으로 90도까지 어깨를 굽힘을 실시하였고(Fig. 1A), 옆으로 누운 자세에서 가쪽돌림을 실시하기 위해 옆으로 누운 자세에서 팔꿈관절을 90도로 굽힌 후 어깨관절을 가쪽돌림시켰다(Fig. 1B). 가쪽돌림을 동반한 옆드려 수평벌림은 옆드려 누운 상태에서 팔꿈관절을 편 후 어깨관절을 가쪽돌림 시킨 상태에서 수평벌림을



Fig. 1. Scapula exercises with electromyographic biofeedback. A: forward flexion, B: sidelying external rotation, prone horizontal abduction with external rotation).

하여 팔을 천장쪽으로 들어올렸다(Fig. 1C). 3가지 어깨뼈 운동 동안 등세모근의 근활성도에 대한 생체 피드백을 제공하기 위해 2EM (Relive, Korea)을 사용하였으며, 과도한 위등세모근의 근활성도를 예방하기 위해 위등세모근에 전극을 부착하여 근활성도에 대한 정보를 실시간으로 제공하였다. 근활성도 정보는 안드로이드 태블릿 PC의 블루투스를 통해 4D-MT의 근전도 분석 프로그램(ReLive, Korea)으로 실시간 전송되며, 태블릿 PC 화면에 실시간으로 위등세모근 근활성도 변화가 표시되었다. 근전도 생체피드백을 제공하기 위하여 임계값을 설정하였다. 임계값을 설정하기 위해 3가지 어깨뼈 운동을 수행하는 동안 위등세모근의 근활성도를 실험 전에 측정하였으며, 그 값의 50%를 임계값으로 설정하였다. 임계값을 50%로 설정한 이유는 예비 실험에서 임계값을 10%, 20%, 30%, 40%, 50%를 설정하고 검사한 결과, 40% 이하에서는 대상자들이 운동을 수행하기 어려워하였기 때문이다. 대상자들은 4D-MT 분석 프로그램을 사용하여 태블릿 PC 화면에서 위등세모근 근활성도 변화를 실시간으로 확인했다. 태블릿 PC 화면에 파란색 선이 임계값으로 표시되었으며, 근성활동 변화는 위등세모근 근활성도가 상승할 때 막대로 상승하도록 설정된 빨간색 막대로 표시되었다(Fig. 2). 대상자들은 3가지 어깨뼈 운동을 하는 동안 빨간색 막대가 파란색 선을 넘어가지 않도록 수행하였다. 모든 운동들은 3회 실시하였고 1회마다 10초, 운동 간에는 3분의 휴식 시간을 각각 제공하여 총 9분이 소요되었다.

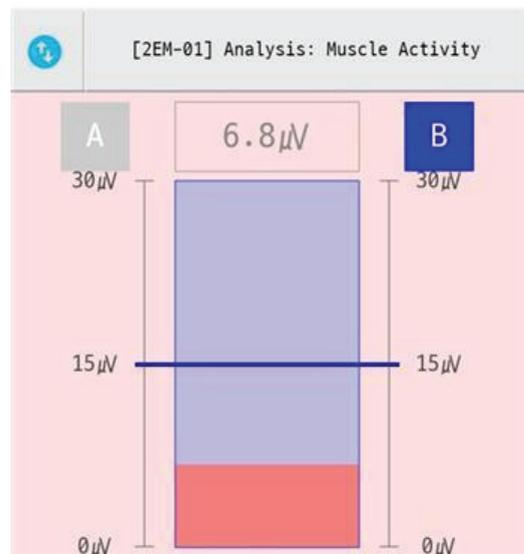


Fig. 2. Real time activity of upper trapezius during 3 scapula exercises.

4. 실험절차

어깨뼈운동을 실시하기 전 모든 대상자들은 인구학적 변수와 관련된 설문지를 작성하였다. 그 다음 어깨 통증 및 기능장애 척도를 이용하여 어깨 기능을 평가하고, 어깨관절가동범위로 어깨관절의 굽힘, 벌림, 가쪽 돌림, 안쪽돌림의 가동범위를 측정하였다. 근전도 전극을 등세모근에 부착하고, 어깨관절 굽힘 동안 근활성도를 측정하였다. 근전도 생체피드백을 이용한 3가지 어깨뼈운동을 실시하고, 다시 어깨 통증, 기능, 관절가동범위 및 등세모근 근활성도를 측정하였다.

5. 자료 분석

데이터 분석을 위해 PASW 소프트웨어(SPSS Inc., USA)를 사용하였다. 모든 자료의 정규성을 확인하기 위해 콜모고로프-스미르노프 검증(Kolmogorov-Smirnov test)을 사용하였으며, 그 결과 정규분포가 나타났다($p>0.05$). 중재 전과 후 통증, 어깨 기능, 관절 가동 범위 및 등세모근 근활성도를 분석하기 위해 대응표본 t-검정(paired t-test)을 사용하였다. 통계적 유의 수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

III. 연구 결과

1. 어깨 통증 및 어깨 기능 점수의 변화

어깨 통증은 근전도 생체피드백을 이용한 어깨뼈 운동 전(4.28 ± 2.01)보다 후(2.71 ± 2.09)에 통계학적으로 유의하게 감소하였으며($p<0.05$)(Table 1), 어깨 기능 점수도 근전도 생체피드백을 이용한 어깨뼈 운동 전(29.50 ± 18.25)보다 후(19.64 ± 16.5)에 통계학적으로 유의하게 감소하였다($p<0.05$)(Table 1).

2. 어깨관절 가동범위의 변화

어깨관절 굽힘(운동 전: 137.64 ± 13.49 , 운동 후: 151.21 ± 12.49), 벌림(운동 전: 139.92 ± 20.20 , 운동 후: 151.71 ± 16.54), 가쪽돌림(운동 전: 40.64 ± 8.74 , 운동 후: 53.92 ± 6.89) 및 안쪽돌림(운동 전: 56.00 ± 16.12 , 운동 후: 69.50 ± 11.83)은 근전도 생체피드백을 이용한 어깨뼈 운동 적용 후 통계학적으로 유의하게 증가하였다($p<0.05$)(Table 1).

3. 어깨관절 굽힘 동안 등세모근 근활성도 변화

어깨관절 굽힘 시 아래등세모근(운동 전: 37.24 ± 13.58 , 운동 후: 40.61 ± 13.72)과 중간등세모근(운동 전: 28.66 ± 13.64 , 운동 후: 32.37 ± 14.30) 근활성도는 근전도 생체피드백을 이용한 어깨뼈운동 적용 전보다 적용 후에 통계학적으로 유의하게 증가하였지만($p<0.05$, Table 1), 위등세모근(운동 전: 25.67 ± 14.06 , 운동 후: 21.39 ± 17.91) 근활성도는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다($p>0.05$)(Table 1).

Table 1. The difference of the outcome variables between pre-intervention and post-intervention

	Pre-intervention	Post-intervention	p
Muscle activity of trapezius (%RVIC)			
Upper trapezius	25.67±14.06	21.39±17.91	0.11
Middle trapezius	28.66±13.64	32.37±14.30	0.02*
Lower trapezius	37.24±13.58	40.61±13.72	0.03*
Pain (cm)	4.28±2.01	2.71±2.09	<0.01*
Range of motion (degrees)			
Flexion	137.64±13.49	151.21±12.49	<0.01*
Abduction	139.92±20.20	151.71±16.54	<0.01*
Internal rotation	56.00±16.12	69.50±11.83	<0.01*
External rotation	40.64±8.74	53.92±6.89	<0.01*
SPADI (points)	29.50±18.25	19.64±16.5	<0.01*

* P < 0.05

SPADI: shoulder pain and disability index

IV. 고찰

본 연구는 근전도 생체피드백을 이용한 등세모근 운동이 봉우리밀 충돌증후군 환자의 등세모근 근활성도, 어깨통증, 어깨 기능 및 관절가동범위에 미치는 효과에 대해 알아보았다. 본 연구의 결과를 통해 근전도 생체피드백 운동이 어깨관절 굽힘 시 아래등세모근과 중간등세모근의 근활성도를 촉진시키고, 어깨통증, 어깨 기능 및 관절가동범위를 향상시킨다는 사실을 알 수 있었다.

근전도 생체피드백을 이용한 등세모근 운동을 적용 후 중간등세모근 및 아래등세모근의 근활성도가 유의하게 증가하였다. 봉우리밀 충돌증후군 환자들은 등세모근간 근활성도 불균형이 나타나며(Borstad & Ludewig, 2005), 3가지 등세모근 운동을 하는 동안 위등세모근의 근활성도를 인지할 수 없다. 하지만, 실시간으로 모니터를 통해 위등세모근의 근활성도를 확인하면서 운동을 실시한다면 위등세모근의 과도한 근활성도 예방이 가능하다. 비록, 운동 중 아래등세모근과 중간등세모근의 근활성도를 확인할 수 없었지만, 운동 중 위등세모근의 근활성도가 감소되었다면 운동 수행을 위해서 아래등세모근과 중간등세모근의 작용이 증가되었을 거라 생각되며, 이로 인해 어깨관절 굽힘 시 아래등세모근과 중간등세모근의 활성화가 증가되었을 거라 사료된다. Huang 등(2013)은 봉우리밀 충돌증후군 환자들에게 근전도 생체피드백을 이용한 운동을 적용한 후, 위등세모근/앞톱니근 및 위등세모근/아래등세모근 비율이 유의하게 감소하였다고 보고하였으며, 다른 연구에서는 근전도 생체피드백을 이용한 운동이 어깨뼈 주위 근육간의 선택적인 근활성도를 증가시킬 수 있는 유용한 방법이라는 것을 증명하였다(Holtermann et al., 2009, 2010). 어깨 가쪽돌림 시 나타나는 뒤어깨세모근의 보상작용을 감소하기 위해 근전도 생체피드백을 적용한 결과 뒤어깨세모근의 근활성도는 감소하고 가시아래근의 근활성도는 유의하게 증가하였다고 보고하였다(Lim et al., 2014). 이런 연구 결과들은 본 연구의 결과를 지지해준다. 따라서,

봉우리밀 충돌증후군 환자의 아래등세모근 및 중간등세모근의 선택적인 수축을 증가시키기 위해 어깨뼈 운동 동안 근전도 생체피드백을 이용하는 것을 추천한다.

운동 전과 비교해서, 운동 후 어깨 통증 점수가 36.7% 감소하였다. 통증이 감소한 이유는 어깨뼈 안정성 및 운동성 증가와 관련이 있는 것 같다. 아래등세모근은 봉우리밀 공간을 증가시키는 어깨뼈 위쪽돌림과 뒤기울임을 발생시킬 수 있는 가장 큰 움직임 팔(movement arm)을 가지고 있으며(Ludewig & Cook, 2000), 중간등세모근은 어깨관절 움직임 초기에 어깨뼈의 안정성을 제공하고(Wickham et al., 2010), 어깨뼈 들림 움직임을 만든다. 본 연구에서 근전도 생체피드백을 적용한 경우 어깨관절 굽힘 시 아래등세모근과 중간등세모근의 근활성도가 증가되었다. 그래서 어깨관절 굽힘 초기에 어깨뼈 안정성 증가와 함께 어깨뼈 위쪽돌림, 뒤기울임 및 들림 움직임이 증가하였을 것이고, 이로 인해 봉우리밀 공간이 증가하여 통증이 감소한 것 같다. 그러므로, 근전도 생체피드백 훈련을 봉우리밀 충돌증후군 환자의 통증 감소를 위한 효과적인 중재 방법으로 제안한다.

어깨 기능 점수 또한 근전도 생체피드백을 이용한 운동 실시 후 33.3% 감소하였다. 어깨 기능 점수 항목 중 통증 항목이 5개로 구성되어 있기 때문에, 통증의 감소가 어깨 기능 점수 감소에 영향을 미친 것 같다. 그리고 나머지 8개 항목은 움직임에 대한 평가로 구성되어 있으며, 대부분 어깨관절 굽힘과 관련이 있다. 통증 감소와 마찬가지로 어깨 기능 점수 감소 또한 어깨관절 굽힘 동안 아래 및 중간등세모근 근활성도 증가로 인한 어깨뼈 안정성과 위쪽돌림 및 뒤기울임 증가로 인한 봉우리밀 공간 증가로 인해서 나타난 것 같다. Kim 등(2015)은 급성기 봉우리밀 충돌증후군 환자에게 4주동안 뉴렉(Neurac) 기법을 이용한 어깨뼈 운동을 적용시킨 후 어깨 통증 및 기능장애 척도 점수가 62% 감소되었다고 보고하였고, 또 다른 연구자들은 충돌증후군 증상이 있는 운동선수에게 6주 동안 어깨뼈 근육 재활 훈련을 시행한 결과, 어깨 기능 점수

가 61% 감소되었다는 것을 확인하였다. 선행 연구들이 본 연구보다 어깨 통증 및 기능장애 척도 점수 감소 폭이 더 큰 이유는 어깨뼈 운동을 장기간 적용했기 때문인 것 같다. 근전도 생체피드백을 이용한 어깨뼈 운동이 즉각적으로 봉우리밀 충돌증후군 환자의 어깨 기능 향상에 효과적인 것을 확인하였지만, 장기간 적용에 따른 어깨 기능 향상에 대한 추후 연구도 필요하다고 생각된다.

근전도 생체피드백을 이용한 운동을 적용 후 어깨 관절가동범위는 8.42%-32.67%로 증가되었다. 관절가동범위는 통증과 관련이 있으며(Ludewig & Cook, 2000), 통증의 감소로 인해 관절가동범위가 증가된 것 같다. 정상적인 어깨관절 움직임은 위팔뼈와 어깨뼈의 움직임이 동반되어야 한다. 어깨관절 움직임 동안 어깨뼈는 위쪽돌림, 들임 및 뒤기움임이 발생해야 하며(Lawrence et al., 2014; McClure et al., 2001), 이때 작용하는 근육이 아래등세모근과 중간등세모근이다(Ludewig & Cook, 2000). 근전도 생체피드백을 이용한 어깨뼈운동을 실시한 결과 아래등세모근과 중간등세모근의 근활성도가 증가된 것을 확인하였으며, 이것이 어깨관절 가동범위 증가에 영향을 미친 것으로 사료된다.

봉우리밀 충돌증후군 환자들에게 등세모근간의 근활성도 균형을 회복하는 것은 중요하다. 그러기 위해서는 아래등세모근과 중간등세모근의 선택적인 수축을 만들어 낼 수 있는 운동 방법이 필요하다. 본 연구에서는 근전도 생체피드백을 이용한 3가지 운동을 충돌증후군 환자들에게 적용한 결과 어깨관절 굽힘 동안 아래등세모근 및 중간등세모근 근활성도가 유의하게 증가하였으며, 통증, 어깨 기능 및 관절가동범위가 향상되었다. 이를 종합해 볼 때, 봉우리밀 충돌증후군 환자들에게 어깨뼈운동을 적용시킬 때, 등세모근간의 근활성도 균형 회복과 함께 통증, 기능 그리고 관절가동범위를 증가시키기 위해 근전도 생체피드백은 유용한 방법이라고 할 수 있다.

본 연구에는 몇 가지 제한점이 있다. 첫 번째, 표본 크기가 작다. 본 연구는 16명의 봉우리밀 충돌증후군

환자가 참여하였다. 두 번째, 본 연구는 근전도 생체피드백 운동에 대한 통증, 어깨 기능, 관절가동범위 및 등세모근근육 근활성도에 대한 즉각적인 효과만 조사하였다. 추후 연구에서는 근전도 생체피드백 중재에 대한 장기간 효과에 대한 연구가 필요하다. 세 번째, 본 연구에는 대조군이 없다. 마지막으로 개인 그리고 남과 여의 근력이 다르기 때문에 운동의 강도를 설정할 때 근력을 고려해야 하는데 본 연구에서는 덤벨 강도를 몸무게에 따라 설정하였다. 그러므로 추후 연구들은 이러한 제한점을 보완하여 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

V. 결론

본 연구는 봉우리밀 충돌증후군 환자를 대상으로 근전도 생체피드백을 적용하여 중재를 했을 때 통증, 어깨기능, 관절가동범위 및 등세모근 근육 근활성도의 전후를 비교하였다. 중재 후 통증, 어깨 기능 점수의 유의한 감소가 나타났고, 관절가동범위, 아래등세모근과 중간등세모근의 근 활성도는 유의하게 증가하였다. 따라서 근전도 생체피드백을 적용한 중재는 봉우리밀 충돌증후군 환자들에게 등세모근간 근활성도 회복과 어깨 통증, 어깨 기능 및 관절가동범위를 향상시키는 데 효과적인 운동이라고 할 수 있다.

References

- Basmajian JV. Biofeedback in rehabilitation : A review of principles and practiced. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1981;62(10):469-475.
- Beaton D, Richards RR. Assessing the reliability and responsiveness of 5 shoulder questionnaires. *Journal of Shoulder Elbow Surgery*. 1998;7:565-572.
- Borstad JD, Ludewig PM. The effect of long versus short pectoralis minor resting length on scapular kinematics

- in healthy individuals. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2005;35(4):227-238.
- Cools AM, Dewitte V, Lanszweert F, et al. Rehabilitation of scapular muscle balance: which exercises to prescribe?. *The American Journal of Sports Medicine*. 2007;35(10):1744-1751.
- Cram JR. Introduction to surface electromyography. Gaithersburg. Aspen Publishers. 1998.
- Endo K, Ikata T, Katoh S, et al. Radiographic assessment of scapular rotational tilt in chronic shoulder impingement syndrome. *Journal of Orthopaedic Science*. 2001;6(1):3-10.
- Gedahun TY, MacDermid JC, Patterson SD. Concurrent validity of patient rating scales in assessment of outcome after rotator cuff repair. *J Musculoskeletal Research*. 2000;4:119-127.
- Holtermann A, Mork PJ, Andersen LL, et al. The use of EMG biofeedback for learning of selective activation of intra-muscular parts within the serratus anterior muscle: a novel approach for rehabilitation of scapular muscle imbalance. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2010;20(2):359-365.
- Holtermann A, Roelvelde K, Mork PJ, et al. Selective activation of neuromuscular compartments within the human trapezius muscle. *Journal of electromyography and kinesiology*. 2009;19(5):896-902.
- Huang HY, Lin JJ, Guo YL, et al. EMG biofeedback effectiveness to alter muscle activity pattern and scapular kinematics in subjects with and without shoulder impingement. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2013;23(1):267-274.
- Kim SY, Kang MH, Lee DK, et al. Effects of the Neurac technique in patients with acute-phase subacromial impingement syndrome. *Journal of Physical Therapy Science*. 2015;27:1407-1409.
- Kobler MJ, Hanney WJ. The reliability and concurrent validity of shoulder mobility measurements using a digital inclinometer and goniometer: a technical report. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2012;7(3):306-313.
- Lawrence RL, Braman JP, Staker JL, et al. Comparison of 3-dimensional shoulder complex kinematics in individuals with and without shoulder pain, part 2: glenohumeral joint. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2014;44(9):646-655.
- Lewis JS, Valentine RE. Intraobserver reliability of angular and linear measurement of scapula position in subjects with and without symptoms. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2008;89(9):1795-1802.
- Lewis JS, Wright C, Green A. Subacromial impingement syndrome: the effect of changing posture on shoulder range of movement. *Journal of Orthopaedic Sports Physical Therapy*. 2005;36(2): 72-87.
- Lim OB, Kim JA, Song SJ, et al. Effect of selective muscle training using visual EMG biofeedback on infraspinatus and posterior deltoid. *Journal of Human Kinetics*. 2014;44:83-90.
- Lopes AD, Timmons MK, Grover M, et al. Visual scapular dyskinesis: kinematics and muscle activity alterations in patients with subacromial impingement syndrome. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2015;96(2):298-306.
- Ludewig PM, Cook TM. Alterations in shoulder kinematics and associated muscle activity in people with symptoms of shoulder impingement. *Physical Therapy*. 2000;80(3):276-291.
- Lukasiewicz PM, Cook TM, Michener L, et al. Comparison of three-dimensional scapula position and orientation between subjects with and without shoulder impingement. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 1999;29(10):574-583.
- McClure PW, Michener LA, Sennett B, et al. Direct 3-dimensional measurement of scapular kinematics during dynamic movement in vivo. *Journal of*

- Shoulder and Elbow Surgery*. 2001;10(3):269-277.
- Michener LA, McClure PW, Karduna AR. Anatomical and biomechanical mechanisms of subacromial impingement syndrome. *Clinical Biomechanics*. 2003;18(5):369-379.
- Phan NQ, Blome C, Fritz F, et al. Assessment of pruritus intensity: prospective study on validity and reliability of the visual analogue scale, numerical rating scale and verbal rating scale in 471 patients with chronic pruritus. *Acta Dermato-Venereologica*. 2012;92:502-507.
- Roach KE, Budiman-Mak E, Songsiridej N, et al. Development of a shoulder pain and disability index. *Arthritis Care and Research*. 1991;4(4):143-149.
- Senbursa G, Baltaci G, Btay A. Comparison of conservative treatment with and without manual therapy physical therapy for patients with shoulder impingement syndrome: a prospective, randomized clinical trial. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*. 2007;15(7):915-921.
- Smith M, Sparkes V, Busse M, et al. Upper and lower trapezius muscle activity in subjects with subacromial impingement symptoms: is there imbalance and can taping change it?. *Physical Therapy in Sport*. 2009;10(2):45-50.
- van der Windt DA, Koes BW, Boeke AJ, et al. Shoulder disorders in general practice: prognostic indicators of outcome. *British Journal of General Practice*. 1996;46(410):519-523.
- van der Windt DA, Koes BW, de Jong BA, et al. Shoulder disorders in general practice: incidence, patient characteristics, and management. *Annals of the Rheumatic Diseases*. 1995;54(12):959-964.
- Vecchio P, Kavanagh R, Hazleman BL, et al. Shoulder pain in a community-based rheumatology clinic. *British Journal of Rheumatology*. 1995;34(5):440-442.
- Wickham J, Pizzari T, Stansfeld K, et al. Quantifying normal shoulder muscle activity during abduction. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2010;20(2):212-222.