

아래등세모근 근력강화 운동방법들 사이의 어깨뼈 위쪽 돌림근과 다른 어깨 근육들의 근활성도 비교

용준형¹, 원종혁²

¹함림성심대학교 물리치료과, ²중부대학교 관광보건대학 물리치료학과

Comparison of the EMG Activities of Scapular Upward Rotators and Other Scapular Muscles Among Three Lower Trapezius Strengthening Exercises

Joon-hyoung Yong¹, PhD, PT, Jong-hyuck Weon², PhD, PT

¹Dept. of Physical Therapy, Hallym Polytechnic University,

²Dept. of Physical Therapy, College of Tourism & Health Science, Joongbu University

Abstract

The aim of this study was to compare the electromyographic (EMG) activity levels of the scapular upward rotators [upper trapezius (UT), lower trapezius (LT), and serratus anterior (SA)] and other scapular muscles [posterior deltoid (PD), levator scapulae (LS), and infraspinatus (IS)] during isometric lower trapezius exercises. Twenty males with no medical history of shoulder pain or upper extremity disorders were recruited for this study. EMG activity was recorded from the UT, LT, SA, PD, LS, and IS while subjects performed three different exercises: Prone arm lift (PAL), Backward rocking diagonal arm lift (BRDAL), Modified Prone Cobra (MPC). One-way analysis of variance (ANOVA) was used to determine any significant differences among the three exercises. A lower relative activation of UT, LT, and SA was seen with the MPC than with the other exercises ($p < .05$). The relatively lower activation of the UT identified, the MPC exercise as the preferred choice for preferential strengthening the LT ($p < .05$). However, a higher activation in the PD, LS, and IS occurred with the MPC than with the other exercises ($p > .05$). The recruitment pattern of synergist varied depending on the exercise posture. These findings suggest that exercise posture is an important factor in the selection of strengthening exercise for weak muscle.

Key Words: Electromyography; Lower trapezius; Scapular upward rotators; Strengthening exercise.

I. 서론

어깨관절을 기능적으로 잘 사용하기 위해서는 어깨뼈의 정렬 상태와 움직임이 정상적인 상태로 유지하는 것이 중요하다(Choi 등, 2012; Wilk와 Arrigo, 1993). 팔을 들어올리는 동안 어깨관절과 어깨뼈에서는 2:1의 비율로 움직임이 발생한다. 어깨뼈의 위쪽돌림이 부족하면 어깨 관절에서는 충돌증후군(shoulder impingement

syndrome)이나 어깨돌림근(rotator cuff)의 손상과 같은 병적 증상이 발생할 수 있다(Ludewig과 Braman, 2011).

어깨뼈의 위쪽돌림에 중요한 역할을 하는 근육들은 위등세모근(upper trapezius; UT)과 아래등세모근(lower trapezius; LT), 앞톱니근(serratus anterior; SA)을 들 수 있다. 어깨뼈의 기능장애(scapular dysfunction)에 대한 많은 연구에서 그 원인을 어깨뼈 위쪽돌

림근들 간의 불균형으로 보고하고 있다(Cools 등, 2007a; Huang 등, 2013; Ludewig 등, 2004; Tucker 등, 2010). 이 연구들은 어깨뼈 위쪽돌림근들 중에서 앞톱니근과 아래등세모근의 근활성도 저하나 약화로 인해 어깨뼈의 위쪽돌림이 부족하게 되고, 이것을 보상하기 위해 위등세모근이 과도하게 작용하거나 충돌증후군이 발생하게 된다고 하였다(Cools 등, 2007b; Huang 등, 2013; Ludewig과 Braman, 2011; Ludewig과 Cook, 2000). 이러한 이유로 많은 연구에서 어깨뼈의 위쪽돌림근들을 강화시키기 위한 여러 가지 방법들이 제시되었다(Cools 등, 2004; Cools 등, 2005; Lehman 등, 2006; MacDonell과 Keir, 2005). 또한 Decker 등(1999)은 어깨뼈 위쪽돌림근들을 효과적으로 훈련시키기 위해서는 앞톱니근과 아래등세모근의 근활성도를 증가시키고 상대적으로 위등세모근의 근활성도를 낮추는 것이 필요하다고 보고하였다.

어깨뼈 위쪽돌림근들 중에서 아래등세모근은 팔을 올리는 동안 어깨뼈를 내림(depression), 모음(adduction), 뒤쪽 기울임(posterior tilt) 시키는 기능을 하며, 가슴을 펴(extension)시키고 자세 정렬 상태를 유지하는데 중요한 역할을 한다(Kendall 등, 2005). 또한 아래등세모근의 약화는 어깨의 기능장애, 어깨뼈의 운동장애와 관련이 있어 많은 연구에서 아래등세모근을 강화하는 방법을 연구하였다(Arlotta 등, 2011; De Mey 등, 2013; Ekstrom 등, 2003; Ha 등, 2012; Hardwick 등, 2006; Kibler와 McMullen, 2003; Lin 등, 2006; Ludewig과 Cook, 2000; Moseley 등, 1992; Smith 등, 2006; Witt 등, 2011).

Ekstrom 등(2003)은 엎드린 자세에서 팔을 145° 벌려서 올렸을 때(prone arm lift; PAL), 아래등세모근의 근활성도가 최대로 활성화 된다고 하였고, Ha 등(2012)의 연구에서는 Backward rocking diagonal arm lift (BRDAL) 운동이 PAL 운동에 비해 아래등세모근의 근활성도를 더 많이 증가시키는 것으로 나타났다. 또한 Arlotta 등(2011)은 팔의 벌림 각도를 작게 하여 위등세모근의 근활성도를 억제한 상태에서 팔을 드는 Modified Prone Cobra (MPC) 운동이 아래등세모근의 선택적 강화를 위해서 좋다고 주장하였다.

약화된 근육을 강화시키기 위해서는 선택적 강화가 중요하며, 과도한 저항은 다른 협력근들을 과도하게 수축하도록 할 수 있다(Sahrmann, 2002). 또한 운동 방법과 자세에 따라서 협력근들의 근활성도는 많은 영향을

받을 것이다(Choung 등, 2013). Ekstrom 등(2003)의 연구에 의하면 엎드린 자세에서 팔을 위로 올리는 PAL 운동은 아래등세모근의 근활성도를 최대로 강화시킬 수 있는 방법이지만, 위등세모근의 근활성도 역시 크게 증가시키므로 위등세모근의 과활성화(hyper activation) 증상이 있는 경우에는 적합하지 않을 수 있다. 또한 Arlotta 등(2011)이 아래등세모근의 선택적 강화를 위해서 좋은 방법으로 소개한 MPC 운동은 위등세모근의 근활성도는 억제되지만, 앞톱니근의 근활성에 대한 분석이 없었고 연구자에 의한 도수 저항(manual resistance)은 신뢰성이 떨어지는 선택이다. 따라서 어떤 운동 방법이 아래등세모근을 선택적으로 강화시킬 수 있는지를 알아보기 위해서는 아래등세모근에 대한 위등세모근이나 앞톱니근의 비(ratio)를 조사하는 것이 필요할 것이다.

한편 선행 연구들에서는 주로 어깨뼈 위쪽돌림근들의 근활성도만을 조사하였는데, 운동방법에 따라 어깨뼈 위쪽돌림근들 외의 다른 어깨 근육들도 영향을 받을 것이다. 어깨올림근, 뒤쪽어깨세모근, 가시아래근 등의 근육들은 어깨 관절이나 어깨뼈의 움직임에 많은 영향을 미치는 근육들이다(Escamilla 등, 2009). 어깨뼈의 아래쪽돌림과 올림의 주동근인 어깨올림근이 과활성화 되면 어깨뼈의 위쪽돌림을 방해하거나 충돌증후군을 발생시킬 수 있고, 가시아래근이 과활성화 되면 팔을 올리거나 안으로 오므리는 동작에 제한이 생길 수 있다.

그렇기 때문에 어떤 한 근육의 근력 강화 운동 시에는 다른 협력근들의 근활성도를 함께 조사하는 것이 필요할 것이다. 따라서 본 연구에서는 아래등세모근을 강화시키기 위한 세 가지 등척성 운동방법이 어깨뼈 위쪽돌림근들의 근활성도와 다른 어깨 근육들(어깨올림근, 뒤쪽어깨세모근, 가시아래근)의 근활성도에 미치는 영향을 알아보았다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구의 대상자는 Y대학교에 재학 중인 건강한 성인 남자 20명을 대상으로 하였다(Table 1). 모든 대상자들은 연구의 목적과 방법에 대해 충분한 설명을 듣고 이해한 후 실험 참여에 동의하였으며, 어깨 및 팔에 신경계나 근골격계 문제가 있어서 연구 결과에 영향을 줄 수 있는 대상자는 실험에서 제외시켰다.

Table 1. General characteristics of subjects

(N=20)

	Mean±SD	Range
Age (yr)	22.7±1.7	20~25
Height (cm)	176.3±3.7	172~181
Body weight (kg)	69.1±7.1	61~85

2. 실험기기 및 도구

각 근육의 근활성도를 측정하기 위해 표면근전도(Noraxon TeleMyo DTS wireless system, Noraxon Inc., AZ, USA)를 사용하였고, Noraxon MyoResearch XP 1.08 소프트웨어를 이용하여 근육들의 근활성도를 수집 및 분석하였다. 근전도 신호의 표본 추출율(sampling rate)은 1000 Hz로 하였고, 밴드 패스 필터(band pass filter)는 10~450 Hz로 하였으며, 노치필터(notch filter)는 60 Hz로 설정하였다.

아래등세모근 등척성 운동방법에 따른 위등세모근, 아래등세모근, 앞뿔니근, 뒤쪽어깨세모근, 어깨올림근, 가시아래근의 근활성도를 측정하기 위해 근전도 전극의 부착 부위를 미리 제모하고 알코올 솜으로 잘 닦은 후에 전극간 거리를 2 cm로 유지하여 부착하였다. 전극의 부착부위는 다음과 같다. 위등세모근은 7번 목뼈의 가시돌기와 어깨뼈 봉우리(acromion)의 중간에, 아래등세모근은 어깨뼈의 아래각(inferior angle)에서 55°의 각도로, 앞뿔니근은 어깨뼈의 아래각(inferior angle)과 같은 높이의 겨드랑아래에, 뒤쪽어깨세모근은 어깨뼈 가시(scapular spine)의 가쪽 가장자리 아래에, 가시아래근은 가시아래오목(infraspinatus fossa)에 부착하였다(Criswell, 2011). 또한 어깨올림근은 목빗근(sternocleidomastoid)과 위쪽등세모근의 사이에 부착하였다(Eliot, 1996; Queisser 등, 1994).

3. 실험 절차

본 연구에 참여한 대상자들은 모두 아래등세모근을 강화시키기 위한 세 가지 운동방법(PAL, BRDAL, MPC)을 각각 3회씩 실시하였다. 세 가지 운동의 순서는 Microsoft Excel의 random number generator (Microsoft corp., WA, USA)를 사용하여 무작위 순서(random order)로 정하였으며, 치료용 테이블위에 엎드린 자세와 네발기기 자세에서 측정을 시작하였다. 또한 세 가지 운동 시, 우세 팔(dominant arm)로 아령(2 kg)을 들고 유지한 자세에서 근활성도를 측정하였으며, 모든 대상자들은 우세 팔로 오른쪽 팔을 사용하였다.

실험은 전문지식을 가지고 있는 두 명의 측정자에 의해 이루어졌다. 한명의 측정자는 컴퓨터를 조작하였

고, 다른 한명은 대상자의 자세와 실험과정을 조절하였다. 두 명의 측정자는 실험의 모든 절차들을 잘 숙지하고 있었으며, 측정자들과 실험에 참여한 모든 대상자들이 실험의 결과에 대한 예측과 의미를 알지 못하도록 하였다. 또한 대상자들이 실험 절차와 실험에 익숙해지도록 자세한 설명과 1회의 예비 실험을 실시하였다.

4. 실험 방법

가. Prone arm lift(PAL) 운동

대상자들은 치료용 테이블위에 엎드린 자세에서 아래팔을 중립위치(neutral position)에서 아령(2 kg)을 잡은 우세 팔을 귀높이까지 들어올려 유지하게 하였다. 이때 위팔의 어깨벌림 각도는 145°를 유지하도록 측정자가 측각기(goniometer)로 지속적으로 확인하였다. 이때 비우세손(non-dominant hand)의 손등은 이마를 지지하도록 받쳐 목과 가슴이 안정하게 유지되도록 하였다(Ekstrom 등, 2003; Ha 등, 2012)(Figure 1).

나. Backward rocking diagonal arm lift(BRDAL) 운동
 대상자들은 치료용 테이블위에 네발기기 자세(quadruped position)를 만들고, 그 후에 엉덩이(buttock)가 양쪽 발꿈치(heel)에 닿을때까지 몸통을 뒤쪽으로 천천히 이동하였다. 이때 비우세손(non-dominant hand)의 손등은 이마를 지지하도록 받쳐 목과 가슴이 안정하게 유지되도록 하였다. 우세 팔의 어깨벌림 각도는 PAL처럼 145°를 유지하도록 하였고, 아령(2 kg)을 잡고 중립위치를 취한 우세 손목의 노쪽 가장자리를 귀높이까지 들어올려 유지하게 하였다(Ha 등, 2012)(Figure 2).

다. Modified Prone Cobra(MPC) 운동

대상자들은 치료용 테이블위에 엎드린 자세에서 양팔을 몸통옆에 놓아 손가락이 발을 향하도록 하였다. 그 후에 양팔을 외회전하여 엄지손가락이 천장을 향하고, 몸통을 들어 테이블에서 약 10 cm 떨어지도록 몸통 펴(trunk extension) 자세를 취하도록 하였다. 이때 양쪽 어깨뼈 안쪽 가장자리는 서로를 향해 당기고, 비우



Figure 1. Prone arm lift exercise. **Figure 2.** Backward rocking diagonal arm lift exercise. **Figure 3.** Modified Prone Cobra arm lift exercise.

세손과 아령(2 kg)을 잡은 우세 손은 겨드랑선(axillary line)에 평행하도록 유지하며 발가락쪽으로 끌어당기는 자세를 갖도록 하였다(Arlotta 등, 2011)(Figure 3).

5. 자료 수집 및 처리

운동방법에 따른 위등세모근, 아래등세모근, 앞뒀니근, 뒤쪽어깨세모근, 어깨올림근, 가시아래근의 근활성도를 정규화(normalization)하기 위해, 최대 등척성 수의적 수축(maximal voluntary isometric contraction; MVIC)시 근 활성도를 측정하여 평균평방근(root mean square)으로 처리된 각 근육의 근 활성도를 백분율(%MVIC)로 분석하였다. MVIC 측정을 위한 도수근력 검사(manual muscle test)는 등받이가 없는(no back support) 의자에 앉은 자세에서 측정하였다(Kendall 등, 2005). MVIC 측정은 5초간 3회 측정하여 평균평방근으

로 처리한 후, 처음과 마지막 1초를 제외한 평균 근전도 데이터를 100 %MVIC로 사용하였다.

세 가지 운동방법 수행 시, 각 근육들의 근활성도를 5초간 3회씩 측정하여 평균평방근 처리한 후, 처음과 마지막 1초를 제외한 3초 동안의 평균 근전도 데이터를 수집하였다. 그리고 근피로를 최소화하기 위해 모든 테스트 후에 2분의 휴식시간을 주었다.

6. 자료 분석 및 통계

아래등세모근 등척성 운동방법에 따른 위등세모근, 아래등세모근, 앞뒀니근, 뒤쪽어깨세모근, 어깨올림근, 가시아래근의 근활성도 차이를 비교하기 위해 일 요인 분산분석(one-way ANOVA)을 사용하였고, 운동방법에 따른 유의성 검정을 위한 사후분석방법으로 Bonferroni 방법을 실시하였다. 그룹간 등분산이 아닌 경우는

Table 2. EMG activation expressed as a percentage of maximal voluntary isometric contraction for each exercise

Muscle	Exercise type			F	p
	PAL ^a	BRDAL ^b	MPC ^c		
UT ^d	55.15±24.89 ^e	52.11±24.26	12.19±6.66	27.526	<.001*
LT ^f	73.63±17.74	72.48±16.55	45.13±25.76	12.472	<.001*
SA ^g	52.86±20.71	51.51±22.37	17.23±10.89	23.351	.002*
PD ^h	44.95±20.77	45.60±21.92	58.19±19.19	2.609	.082
LS ⁱ	30.66±20.95	27.31±15.82	40.58±21.58	2.475	.093
IS ^j	32.11±13.11	36.20±13.33	40.64±21.56	1.297	.281
Ratio of UT/LT	.80±.4	.77±.4	.34±.3	9.437	<.001*
Ratio of UT/SA	1.19±.64	1.20±.71	.99±.83	.520	.598

^aprone arm lift, ^bbackward rocking diagonal arm lift, ^cmodified prone cobra, ^dupper trapezius, ^emean±standard deviation, ^flower trapezius, ^gserratus anterior, ^hposterior deltoid, ⁱlevator scapulae, ^jinfraspinatus, *statistically significant at the level of p<.05.

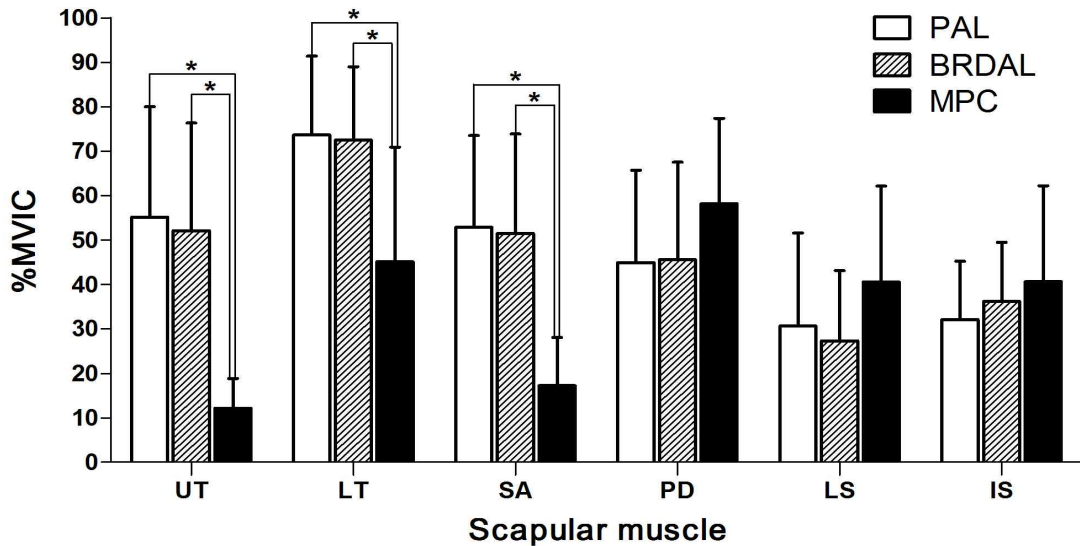


Figure 4. Comparison of the scapular muscle activity among three different isometric exercise (PAL: prone arm lift, BRDAL: backward rocking diagonal arm lift, MPC: modified prone cobra) (* $p < .05$).

Welch test를 적용하였다. 모든 통계처리는 SPSS ver. 18.0 프로그램(SPSS Inc., IL, USA)을 이용하였고, 유의수준 $\alpha = .05$ 로 하였다.

III. 결과

운동방법에 따른 위등세모근, 아래등세모근, 앞톱니근, 뒤쪽어깨세모근, 어깨올림근, 가시아래근의 근활성

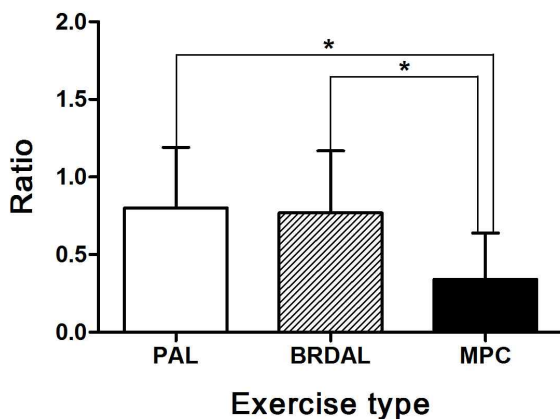


Figure 5. Comparison of the muscle activity ratio of upper trapezius and lower trapezius among three different isometric exercise (PAL: prone arm lift, BRDAL: backward rocking diagonal arm lift, MPC: modified prone cobra) (* $p < .05$).

도는 Table 2와 Figure 4에 제시하였고, 위등세모근/아래등세모근과 위등세모근/앞톱니근의 비는 Table 2에 제시하였다.

운동방법에 따라 위등세모근, 아래등세모근, 앞톱니근의 근활성도는 유의한 차이를 보였다($p < .05$). 그러나 뒤쪽어깨세모근, 어깨올림근, 가시아래근의 근활성도는 운동방법에 따라 유의한 차이가 없었다($p > .05$). MPC 운동 시의 위등세모근과 아래등세모근, 앞톱니근의 근활성도는 BRDAL 운동과 PAL 운동에 비해 유의하게 낮게 나타났다. 또한 운동방법에 따라 위등세모근/아래등세모근의 비는 유의한 차이가 있었으며($p < .05$)(Figure 5), 위등세모근/앞톱니근의 비는 유의한 차이가 없었다(Table 2). 위등세모근/아래등세모근의 비와 위등세모근/앞톱니근의 비는 MPC 운동이 BRDAL 운동이나 PAL 운동에 비해서 유의하게 낮았다.

IV. 고찰

본 연구는 아래등세모근을 강화시키기 위해 사용하는 세 가지 운동방법(BRDAL, PAL, MPC)이 어깨뼈 위쪽돌림근들의 근활성도와 다른 어깨 근육들(어깨올림근, 뒤쪽어깨세모근, 가시아래근)의 근활성도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 정상 성인 20명을 대상으로 수행하였다. 연구 결과 아래등세모근과 위등세모근, 앞톱

니근의 근활성도는 운동방법에 따라 유의한 차이를 보였다. 아래등세모근과 위등세모근, 앞톱니근의 근활성도는 모두 MPC 운동시의 근활성도가 BRDAL 운동과 PAL 운동시에 비해 유의하게 낮게 나타났다. 그러나 어깨올림근, 뒤쪽어깨세모근, 가시아래근의 근활성도는 모두 운동방법에 따라 유의한 차이가 없었다. 또한 아래등세모근의 선택적 근수축을 확인하기 위한 위등세모근/아래등세모근의 비(ratio)는 MPC 운동시가 BRDAL 운동과 PAL 운동시에 비해 유의하게 낮게 나타났다. 이것은 MPC 운동이 BRDAL 운동과 PAL 운동에 비해 아래등세모근을 더 선택적으로 강화시킬 수 있는 방법임을 의미한다.

정상적인 움직임의 경우, 팔을 머리위로 180° 올리는 동안 끝 범위에서 어깨뼈의 약 60° 위쪽 돌림과 내림, 약간의 모음, 그리고 뒤쪽 기울임이 발생한다 (Neumann, 2002; Sahrman, 2002). 어깨뼈의 끝 범위에서의 움직임, 그 중에서도 어깨뼈의 뒤쪽 기울임은 팔을 머리위로 올리는 동작을 자주 하는 사람들에게 발생할 수 있는 비정상적인 어깨뼈의 움직임이나 통증을 방지하는 것에 있어 매우 중요하다(Solem-Bertoft 등, 1993). 끝 범위에서의 움직임이 부족하게 되면, 봉우리 밑 충돌(subacromial impingement)이나 위팔어깨관절의 불안정(glenohumeral instability)이 발생할 수 있다 (Ludewig 등, 1996; McQuade 등, 1998; Warner 등, 1992). 이러한 어깨뼈의 끝 범위에서의 움직임에 아래등세모근이 중요한 역할을 한다(Kendall, 등 2005). 그래서 여러 연구들에서 아래등세모근의 근력강화 방법을 조사하였다(Arlotta, 등, 2011; Ekstrom, 등, 2003; Ha 등, 2012; Hardwick, 등, 2006; Pontillo 등, 2007).

Arlotta 등(2011)은 여러 가지 운동방법들 중에서 MPC 운동이 아래등세모근의 선택적 근력강화를 위해 가장 효과적이었다고 주장했다. 본 연구에서도 MPC 운동이 BRDAL 운동이나 PAL 운동에 비해서 위등세모근/아래등세모근의 비가 유의하게 낮았다. 그러나 아래등세모근의 근활성도만을 비교했을 때에는 MPC 운동이 BRDAL 운동이나 PAL 운동에 비해 유의하게 낮게 나타났다. 이러한 결과는 MPC 운동이 아래등세모근의 선택적 강화를 위해서는 좋은 운동일 수 있지만, 근활성도만을 평가하였을 때는 BRDAL 운동이나 PAL 운동이 더 좋은 방법임을 의미한다.

MPC 운동 시의 아래등세모근과 위등세모근, 앞톱니근의 근활성도가 BRDAL 운동과 PAL 운동 시의 근활

성도에 비해 유의하게 낮게 나타났다. 이러한 결과가 나타난 이유로는 먼저 운동 시 어깨뼈의 위치를 들 수 있다. BRDAL 운동과 PAL 운동은 어깨뼈가 거의 끝 범위까지 위쪽돌림 되어 있는 자세에서 실시되었다. 이 자세는 위등세모근과 앞톱니근이 최대로 짧아진 자세이기 때문에 두 근육의 근활성도가 높게 나타났을 것이다. 그러나 MPC 운동은 어깨뼈의 위쪽돌림 없이 약간의 내림과 모음이 발생하는 자세로, 위등세모근과 앞톱니근은 길어진 자세에서 수축하게 되어 근활성도가 다른 두 운동 방법에 비해 유의하게 낮게 나타났고, 아래등세모근은 짧아진 범위에서 수축하였기 때문에 다른 두 근육보다 더 높은 근활성도를 보였을 것이다.

또 다른 이유는 세 가지 운동의 자세에서 근육의 수축 방향과 팔의 운동 방향의 차이로 인한 것일 수 있다. BRDAL 운동과 PAL 운동은 모두 어깨를 145° 벌린 자세에서 팔을 들도록 하는 운동이다. 이 경우 아래등세모근은 어깨관절을 축으로 하여 반대쪽의 모멘트 암(moment arm)인 팔과 같은 선상에 위치하므로 근수축이 더 촉진되었을 것이다. Kendall 등(2005)도 아래등세모근의 근력 평가를 이 자세에서 실시하여야 한다고 하였다. 그러나 MPC 운동의 경우는 근육의 수축 방향과 모멘트 암이 비슷한 방향에 있어서 근육의 수축이 다른 운동방법들에 비해 감소하였을 것이다. 이러한 이유들로 인해서 MPC 운동이 BRDAL 운동이나 PAL 운동에 비해 아래등세모근을 선택적으로 강화시킬 수 있는 방법이지만 유의하게 낮은 근활성도를 보였음을 유추할 수 있다.

본 연구에서는 아래등세모근을 강화시킬 수 있는 세 가지 운동방법들을 선택하여 각 운동방법들 사이의 근활성도의 차이와 위등세모근과 앞톱니근에 대한 아래등세모근의 근활성도의 비를 조사하였다. 어깨 부전기능이 있는 대상자들의 어깨뼈 위쪽돌림근의 근활성도를 연구한 많은 연구에서 앞톱니근과 아래등세모근의 근활성도 저하와 위등세모근의 과활성(hyperactivity)을 보고하였다. 또 그러한 문제들을 해결하기 위한 방법으로 앞톱니근과 아래등세모근의 선택적 강화를 제시하고 있다. 지금까지 앞톱니근의 근력을 강화시키기 위한 운동 방법들은 많이 연구되었지만 아래등세모근의 근력만을 선택적으로 강화시키기 위한 운동방법들은 많지 않았다. 그래서 본 연구에서는 아래등세모근의 근활성도를 증가시키기 위한 연구들 중에서 자주 소개되는 세 가지 운동을 선택하여 그 효과를 비교하였다. 또한 본 연구

에서는 세 가지 운동 방법에서 모두 동일하게 아령(2 kg)의 무게를 손으로 쥌 상태에서 각각의 운동 자세를 취하도록 하였다. 이것은 운동 방법들의 수행 조건을 동일하게 하기 위함이었다.

어깨관절의 움직임에는 주동근과 함께 여러 협력근(synergist)들이 동원되며, 주동근이 약화되어 있을 경우에는 주동근 외의 다른 근육들이 대상작용(substitution)을 하게 된다(Kendall 등, 2005). 또한 운동 자세에 따라서 동원되는 근육들이 다를 것이므로 여러 협력근들의 근활성도를 조사하는 것도 강화하고자 하는 근육의 선택적인 수축을 확인하기 위해 필요할 것이다. 그래서 본 연구에서는 어깨뼈의 위쪽돌림근들 외에 어깨올림근과 뒤쪽어깨세모근, 가시아래근의 근활성도 함께 조사하였다. 연구 결과 세 가지 운동 사이에 어깨올림근과 뒤쪽어깨세모근, 가시아래근의 근활성도는 유의한 차이가 없었다. 그러나 MPC 운동 시의 근활성도가 BRDAL 운동이나 PAL 운동 시의 근활성도에 비해 세 근육 모두에서 가장 높게 나타났다. 비록 MPC 운동이 어깨뼈 위쪽돌림근들 중에서 위등세모근의 근활성도를 증가시키지 않고 아래등세모근을 선택적으로 강화하기 위한 운동으로 추천되지만, 어깨올림근과 뒤쪽어깨세모근, 가시아래근의 근활성도는 오히려 증가되는 것을 알 수 있었다. 어깨올림근은 어깨뼈의 아래쪽돌림근(downward rotator)으로 이 근육이 과활성화되거나 너무 짧아지면 오히려 어깨뼈의 위쪽돌림을 방해하여 위등세모근의 과활성화의 원인이 될 수 있다(Weon 등, 2010). 또한 뒤쪽어깨세모근과 가시아래근의 단축이나 과활성화는 어깨관절의 수평면에서의 내전(horizontal adduction)이나 안쪽돌림(internal rotation)을 제한하는 원인으로 작용할 수 있다(Sahrmann, 2002). 이와 같은 어깨근육들 근활성도의 차이는 운동자세에 따라 동원되는 협력근들이 달라지는 것을 의미하며, 특정 근육을 강화시키기 위한 운동의 선택 시 중요하게 고려되어야 할 요소로 생각된다.

본 연구는 정상 성인 남자만을 대상으로 하여 근활성도를 알아본 것이기 때문에 일반화하기에는 제한이 있다. 또한 세 가지 운동방법을 선택하여 동일한 2 kg의 아령을 이용하여 저항을 주었기 때문에 저항의 정도에 따른 근활성도의 변화를 반영하지 못했다. 앞으로의 연구에서는 어깨뼈 위쪽돌림근들의 근력을 강화시키기 위한 여러 가지 운동방법들이 다른 어깨 근육들이나 몸통 근육들의 근활성도에 미치는 영향에 대한 연구와 오

버헤드(overhead) 동작이 많은 집단이나 어깨충돌증후군 환자군에서는 어떤 차이가 있는지를 분석하는 연구가 필요할 것이다.

V. 결론

본 연구는 아래등세모근을 강화시키기 위한 세 가지 운동방법이 어깨뼈 위쪽돌림근들의 근활성도와 다른 어깨 근육들(어깨올림근, 뒤쪽어깨세모근, 가시아래근)의 근활성도에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 그 결과 위등세모근과 아래등세모근, 앞뿔니근의 근활성도는 BRDAL 운동이나 PAL 운동이 MPC 운동에 비해 유의하게 낮게 나타났고, 위등세모근/아래등세모근의 비는 MPC 운동시에 BRDAL 운동과 PAL 운동시에 비해 유의하게 높게 나타났다. 이러한 결과는 MPC 운동이 BRDAL 운동과 PAL 운동에 비해 아래등세모근을 더 선택적으로 강화시킬 수 있는 방법이지만, 아래등세모근의 근활성도만을 비교했을 때에는 MPC 운동보다 BRDAL 운동과 PAL 운동이 근력강화에 더 효과적인 방법임을 의미한다.

그러므로 아래등세모근의 근력을 강화시키기 위한 운동 방법을 선택할 때에는 다른 어깨뼈 위쪽돌림근들의 근력을 평가하여, 아래등세모근만을 선택적으로 강화시킬 것인지 아니면, 다른 어깨뼈 위쪽돌림근들도 함께 강화시킬 것인지를 고려하여야 할 것이다. 아래등세모근만의 선택적 강화를 위해서는 MPC 운동을, 그리고 다른 어깨뼈 위쪽돌림근들도 함께 강화시키려면 BRDAL 운동이나 PAL 운동을 시키는 것이 효과적일 것이다.

References

- Arlotta M, LoVasco G, McLean L. Selective recruitment of the lower fibers of the trapezius muscle. *J Electromyogr Kinesiol*. 2011;21(3):403-410.
- Choi JY, Jang JH, Oh JS. Effects of passive scapular alignment on electromyographic activity of trapezius in people with shortness of pectoralis minor muscle. *Phys Ther Kor*. 2012;19(2):12-19.
- Choung SD, Weon JH, Jung DY. Effect of movement

- plane and shoulder flexion angle on scapular upward rotator during scapular protraction exercise. *J Korean Soc Phys Med.* 2013;8(1):41-48.
- Cools AM, Witvrouw EE, Declercq GA, et al. Evaluation of isokinetic force production and associated muscle activity in the scapular rotators during a protraction-retraction movement in overhead athletes with impingement symptoms. *Br J Sports Med.* 2004;38(1):64-68.
- Cools AM, Witvrouw EE, Mahieu NN, et al. Isokinetic scapular muscle performance in overhead athletes with and without impingement symptoms. *J Athl Train.* 2005;40(2):104-110.
- Cools AM, Declercq GA, Cambier DC, et al. Trapezius activity and intramuscular balance during isokinetic exercise in overhead athletes with impingement symptoms. *Scand J Med Sci Sports.* 2007a;17(1):25-33.
- Cools AM, Dewitte V, Lanszweert F, et al. Rehabilitation of scapular muscle balance: Which exercises to prescribe? *Am J Sports Med.* 2007b;35(10):1744-1751.
- Criswell E. *Cram's Introduction to Surface Electromyography.* 2nd ed. Sudbury, MA, Jones and Bartlett, 2011:289-306.
- De Mey K, Danneels LA, Cagnie B, et al. Conscious correction of scapular orientation in overhead athletes performing selected shoulder rehabilitation exercises: The effect on trapezius muscle activation measured by surface electromyography. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2013;43(1):3-10.
- Decker MJ, Hintermeister RA, Faber KJ, et al. Serratus anterior muscle activity during selected rehabilitation exercises. *Am J Sports Med.* 1999;27(6):784-791.
- 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):247-258.
- Eliot DJ. *Electromyography of levator scapulae:* New findings allow tests of a head stabilization model. *J Manipulative Physiol Ther.* 1996;19(1):19-25.
- Escamilla RF, Yamashiro K, Paulos L, et al. Shoulder muscle activity and function in common shoulder rehabilitation exercises. *Sports Med.* 2009;39(8):663-685.
- Ha SM, Kwon OY, Cynn HS, et al. Comparison of electromyographic activity of the lower trapezius and serratus anterior muscle in different arm-lifting scapular posterior tilt exercises. *Phys Ther Sport.* 2012;13(4):227-232.
- Hardwick DH, Beebe JA, McDonnell MK, et al. A comparison of serratus anterior muscle activation during a wall slide exercise and other traditional exercises. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2006;36(12):903-910.
- 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. *J Electromyogr Kinesiol.* 2013;23(1):267-274.
- Kendall FP, McCreary EK, Provance PG, et al. *Muscles: Testing and function, with posture and pain.* 5th ed. Baltimore, MD, Lippincott Williams and Wilkins, 2005:17-330.
- Kibler WB, McMullen J. Scapular dyskinesis and its relation to shoulder pain. *J Am Acad Orthop Surg.* 2003;11(2):142-151.
- Lehman GJ, MacMillan B, MacIntyre I, et al. Shoulder muscle EMG activity during push up variations on and off a swiss ball. *Dyn Med.* 2006;5:7.
- Lin H, Chie W, Lien H. Epidemiological analysis of factors influencing an episode of exertional rhabdomyolysis in high school students. *Am J Sports Med.* 2006;34(3):481-486.
- Ludewig PM, Braman JP. Shoulder impingement: Biomechanical considerations in rehabilitation. *Man Ther.* 2011; 16(1):33-39.
- Ludewig PM, Cook TM. Alterations in shoulder kinematics and associated muscle activity in people

- with symptoms of shoulder impingement. *Phys Ther*. 2000;80(3):276-291.
- Ludewig PM, Cook TM, Nawoczenski DA. Three-dimensional scapular orientation and muscle activity at selected positions of humeral elevation. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1996;24(2):57-65.
- Ludewig PM, Hoff MS, Osowski EE, et al. Relative balance of serratus anterior and upper trapezius muscle activity during push-up exercises. *Am J Sports Med*. 2004;32(2):484-493.
- MacDonell CW, Keir PJ. Interfering effects of the task demands of grip force and mental processing on isometric shoulder strength and muscle activity. *Ergonomics*. 2005;48(15):1749-1769.
- McQuade KJ, Dawson J, Smidt GL. Scapulothoracic muscle fatigue associated with alterations in scapulohumeral rhythm kinematics during maximum resistive shoulder elevation. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1998;28(2):74-80.
- Moseley JB Jr, Jobe FW, Pink M, et al. Emg analysis of the scapular muscles during a shoulder rehabilitation program. *Am J Sports Med*. 1992;20(2):128-134.
- Neumann DA. *Kinesiology of the Musculoskeletal System*. 1st ed. St Louis, MO, Mosby, 2002:118-132.
- Pontillo M, Orishimo KF, Kremenec IJ, et al. Shoulder musculature activity and stabilization during upper extremity weight-bearing activities. *N Am J Sports Phys Ther*. 2007;2(2):90-96.
- Queisser F, Blüthner R, Bräuer D, et al. The relationship between the electromyogram-amplitude and isometric extension torques of neck muscles at different positions of the cervical spine. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1994;68(1):92-101.
- Sahrmann SA. *Diagnosis and Treatment of Movement Impairment Syndrome*. St Louis, MO, Mosby, 2002:206-212.
- Smith J, Dahm DL, Kaufman KR, et al. Electromyographic activity in the immobilized shoulder girdle musculature during scapulothoracic exercises. *Arch Phys Med Rehabil*. 2006;87(7):923-927.
- Solem-Bertoft E, Thuomas KA, Westerberg CE. The influence of scapular retraction and protraction on the width of the subacromial space: An MRI study. *Clin Orthop Relat Res*. 1993;(296):99-103.
- Tucker WS, Armstrong CW, Gribble PA, et al. Scapular muscle activity in overhead athletes with symptoms of secondary shoulder impingement during closed chain exercises. *Arch Phys Med Rehabil*. 2010;91(4):550-556.
- Warner JJ, Micheli LJ, Arslanian LE, et al. Scapulothoracic motion in normal shoulders and shoulders with glenohumeral instability and impingement syndrome. A study using Moiré topographic analysis. *Clin Orthop Relat Res*. 1992;(285):191-199.
- Weon JH, Oh JS, Cynn HS, et al. Influence of forward head posture on scapular upward rotators during isometric shoulder flexion. *J Bodyw Mov Ther*. 2010;(14):367-374.
- Wilk KE, Arrigo C. Current concepts in the rehabilitation of the athletic shoulder. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1993;18(1):365-378.
- Witt D, Talbott N, Kotowski S. Electromyographic activity of scapular muscles during diagonal patterns using elastic resistance and free weights. *Int J Sports Phys Ther*. 2011;6(4):322-332.

This article was received July 26, 2013, was reviewed July 26, 2013, and was accepted September 3, 2013.