

열린사슬운동 및 닫힌사슬운동에서 위팔굽힘 각도에 따른 앞톱니근의 근활성도 비교

문성종 · 김택훈[†] · 노정석¹

한서대학교 대학원 물리치료학과, ¹한서대학교 물리치료학과

A Comparison of the Serratus Anterior Muscle Activity according to the Shoulder Flexion Angles in a Closed Kinetic Chain Exercise and an Open Kinetic Chain Exercise

Sung-Jong Moon, PT, MS, Tack-Hoon Kim, PT, PhD[†], Jung-Suk Roh, PT, PhD¹

Department of Physical Therapy, Graduate School, Hanseo University,

¹Department of Physical Therapy, Hanseo University

Received: April 25, 2013 / Revised: June 28, 2013 / Accepted: July 5, 2013

© 2013 Journal of the Korean Society of Physical Medicine

| Abstract |

PURPOSE: The purpose of present study was to ascertain how the activity of the serratus anterior muscle, the upper trapezius muscle and the pectoral major muscle was affected while the upper arm was being flexed at 70, 90 and 110 degrees respectively in a closed kinetic chain exercise (wall push up plus) and an open kinetic chain exercise (static hug).

METHODS: Sixteen healthy young men subjects participated in the study. Surface electromyography (EMG) data were collected from the dominant-side muscles during a closed kinetic chain exercise and an open kinetic chain exercise. The activity of each muscle was measured quantitatively, and by the use of the two-way repeated ANOVA, the data were compared with each other according to exercises and shoulder flexion angles.

RESULTS: Results indicated that the closed kinetic chain exercise did not interact with the open kinetic chain exercise ($p > .05$). In both the closed kinetic chain exercise and the open

kinetic chain exercise, the activity of the serratus anterior muscle became different significantly according to angles ($p < .05$). Its activity increased in order of 70, 90 and 110 degrees ($p < .05$). In both exercises and all angles, muscle activity was significantly higher in the serratus anterior muscle than in the upper trapezius muscle and the pectoral major muscle ($p < .05$).

CONCLUSION: The above results show that there is a need to selectively control the exercise stress of the serratus anterior muscle in the case of the patients with the shoulder impingement syndrome characterized by the winged scapula, insufficient scapular protraction and upward rotation.

Key Words: Surface electromyography, Closed kinetic chain exercise, Open kinetic chain exercise, Serratus anterior muscle

I. 서론

어깨관절 병리상태와 비정상적인 어깨뼈 움직임은

[†]Corresponding Author : tack@hanseo.ac.kr

견갑흉곽 근육들의 전반적인 약화 보다는 근활성도의 불균형과 연관이 있다(Sahrmann, 2002). 어깨뼈가 정상 기능을 하기 위해서는 흉추와 어깨뼈에 부착되어있는 근육들의 정상적인 근력, 동원 패턴(recruitment pattern)과 근육의 길이가 중요하다. 견흉갑 근육(scapulothoracic musculature)은 어깨뼈의 운동에 중요한 기능을 하며, 위팔어깨관절에 비정상적인 스트레스를 최소화하기 위하여 위팔뼈와 최적의 관계를 유지해야 한다(Sahrmann, 2002). 그러므로 등세모근 위섬유/앞톱니근의 불균형이 존재하는 환자들에게 견갑흉곽 근육들의 전반적인 활동을 유발하는 운동보다는 두 근육사이 힘의 불균형을 감소시키기 위한 등세모근 위섬유의 활성을 최소로 유지하며 선택적으로 앞톱니근을 강화시킬 수 있는 운동이 필요하다.

전통적인 상지 재활 프로그램은 근력강화를 위한 열린사슬운동의 사용에 집중되고 있다(Davies와 Dickoff-Hoffman, 1993; Jackson, 1995; Lephart, 1995; Stone 등, 1993; Tippett 등, 1992). 열린사슬운동은 사지의 원위부에서 자유롭게 움직이고 근위부에서는 고정된 상태에서 운동을 시행하는 방법으로 관절가동범위가 제한된 환자의 근력강화를 위해 중요한 역할을 한다(Kim, 2007; Jang, 2003).

보다 최근에는 저자들이 상지 재활을 위해 닫힌사슬 운동을 이용하고 있다(Hardwick 등, 2006; Stone 등, 1993; Tippett 등, 1992; Davies와 Dickoff-Hoffman, 1993; Jackson, 1995; Lephart, 1995). 닫힌사슬운동은 사지의 원위부는 고정되어 있는 상태에서 근위부와 원위부에서 저항을 동시에 적용할 때 일어나는 운동으로(Prentice 등, 2005), 동적인 근육의 안정성을 위한 동시 수축으로 원심성 수축이 우세하며, 관절 압박력으로 전단력을 감소시켜 관절의 안정성을 주고, 기계적 수용기는 관절낭의 압력 변화에 민감하게 반응하여 고유수용성 감각을 촉진한다. 또한 닫힌사슬운동은 근력 강화의 주요 프로그램으로 길항근이 서로 원심성으로 작용하여 손상된 관절의 안정성에 많은 영향을 준다(Iwasaki 등, 2006).

푸쉬업 플러스운동은 대상자가 주관절이 펴되었을 때 최대한 어깨뼈를 내밀 시켜 일반적인 푸쉬업 운동을

수정 한 것이다. 이 운동이 등세모근 아래섬유 활성과 함께 결합하여 높은 앞톱니근의 활성을 이끌어내기 때문에 푸쉬업 플러스운동은 어깨 재활 프로그램으로 사용되고 있다. 벽 푸쉬업 플러스운동은 앞톱니근 강화에 초점을 둔 다른 운동들만큼 높은 수준의 앞톱니근 활성을 이끌어 내는 것으로 알려져 있고(Decker 등, 1999; Hardwick 등, 2006; Ludewig 등, 2004), 벽 푸쉬업 플러스운동은 상지 재활을 위해 활용되는 많은 닫힌사슬운동 중 한가지이다. 또한 정적 껴안기(static hug)는 그 동안 흔히 사용 되어왔던 바닥에 어깨뼈가 고정될 위험이 존재하는 프레스 업(press-up)에 비해 어깨뼈를 자유롭게 하고 어깨관절 굽힘을 제한시키지 않는 열린사슬운동이다.

Ellenbecker와 Davies (2001)는 앞톱니근의 훈련 및 어깨뼈 안정 협동근(scapular stabilizing synergist)을 위한 효과적인 닫힌사슬운동으로 푸쉬업 플러스를 추천하였다. Ludewig(2004)는 다양한 푸쉬업 플러스 자세에서 앞톱니근과 등세모근 위섬유의 근활성도 구성비를 연구하였는데, 앞톱니근의 활성도에 따라서 재활과정의 초기에는 벽에서 푸쉬업 플러스운동 그리고 순차적으로 팔꿈치 푸쉬업 플러스, 네발기기 자세 푸쉬업 플러스운동 그리고 마지막에 일반적인 푸쉬업 플러스운동을 추천하였다.

Hardwick 등(2006)은 어깨뼈 평면 거상(scapular plane shoulder elevation)과 벽 슬라이드(wall slide)운동을 실시하였을 때 90°, 120°, 140° 각도에서 앞톱니근의 근활성도를 보고 벽 슬라이드 운동의 효과를 다른 운동과 비교하였으나 앞톱니근의 주 기능인 어깨뼈 내밀(protraction)과 위쪽돌림(upward rotation) 시 어깨에 가해지는 무게는 통제하지 않았다. Weon 등(2009)이 전방 머리 자세(forward head posture)를 중립 머리 자세(neutral head position)와 비교하여 앉은 자세로 2kg 덤벨을 들고 등척성 위팔 굽힘을 각 30°, 60°, 90°, 120°에서 실시했을 때 어깨뼈 상방 회전근들(앞톱니근, 등세모근 위섬유, 등세모근 아래섬유)의 근활성도를 조사 연구 하였으나 비정상적인 머리위치가 어깨뼈 상방 회전근들에 어떤 영향을 주는지를 보는 연구였고 앞톱니근의 운동에 초점을 둔 연구는 아니었다. Decker 등(1999)

은 선택적인 재활 운동들(push-up plus, knee push-up plus, press-up, shoulder extension, serratus anterior punch, forward punch, scaption, dynamic hug)을 90°이하에서 실시하는 동안 앞뿔니근의 근활성도를 비교하여 어깨 재활운동의 프로토콜을 제시하였다. 이 연구에서 닫힌사슬운동과 열린사슬운동들이 포함되지만 목적이 그 두 가지 방법의 효과적인 근활성도를 보는 것은 아니었다. 아직까지 하지에 비해 상지의 닫힌사슬운동과 열린사슬운동에서 앞뿔니근의 근활성도 평균값 차이를 알아보는 것과 이에 따른 앞뿔니근에 중점을 둔 효과적인 운동 프로토콜의 연구는 아직 부족한 현실이다.

본 연구는 닫힌사슬운동과 열린사슬운동을 시행했을 때 위팔 굽힘 각도(70°, 90°, 110°)에 따라 등세모근 위섬유, 큰가슴근, 그리고 앞뿔니근의 근활성도가 어떠한 차이를 보이는지 연구하고자 한다.

연구의 가설은 어깨에 실리는 무게를 일정하게 통제한다면 앞뿔니근의 근활성도가 닫힌사슬운동보다 열린사슬운동에서 더 높을 것이고 위팔 굽힘 각도가 증가할수록 앞뿔니근의 근활성도가 증가될 것이라고 정하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 연구 목적과 방법에 대하여 충분한 설명을 들은 후 본 실험에 참여할 것을 동의한 건강한 성인 남성 16명을 대상으로 실시하였다. 실험대상자에게 만

약 상지 신경 긴장검사에서 신경긴장 증상이 보이거나, 경추 및 흉추에서 근원적으로 발현 되었거나, 양성 부하 혹은 이동검사에 의한 일반적인 견갑위팔 관절 불안정성, 견봉쇄관절의 탈구로 인한 양성 계단변형(Ellenbecker, 2001) 혹은 전반적으로 회전근개 약화된 사람은 제외시켰다.

연구대상자는 한서대학교에 재학 중인 대학생으로 하였고 어깨관절 통증, 손상 혹은 불안정이 없고 어깨관절에 운동범위 제한이 없는 학생으로 하였다.

2. 실험 기기 및 도구

1) 표면 근전도 신호 수집 및 처리

각 3개 근육들에 대해 각 세트의 양극 기록전극은 표면 근전도기(MP100A-CE, BIOPAC System Inc., CA, USA)에 연결하였다. 전극은 지름이 1 cm, 전극 간 간격이 2 cm인 이극표면전극(TSD 150B, BIOPAC System Inc., CA, USA)을 우세 측(dominant) 근육에 부착하여 사용하였고, 표본수집률은 1024Hz 이었으며 잡음을 제거하기 위해 60 Hz 대역정지필터(band stop filter)와 10~500Hz 대역 통과 필터(band pass filter)를 사용하였다.

2) 작업대 디자인 및 작업자세

닫힌사슬운동(벽 푸쉬업 플러스)에서 세 가지 근육(등세모근 위섬유, 큰가슴근, 앞뿔니근)의 근활성도를 실험 하기위해 벽을 마주보고 선 자세에서 약간 무릎을 구부리고 어깨높이 정도의 벽에 높이 조절이 가능하도



Fig 1. Closed kinetic chain exercise 90°



Fig 2. Open kinetic chain exercise 90°

록 줄에 고정하여 기계식 저울을 위치하였다(Fig. 1). 그리고 열린사슬운동(정적 켜안기)에서 세 가지 근육의 근활성도를 알아보기 위해 대상자의 시선은 정면으로 하고 허리는 반듯하게 펴고 마지막으로 밴드에 연결된 매달림 저울의 손잡이를 팔꿈치 펴 상태에서 양측 손에 고정하였다(Fig. 2). 저울은 닫힌사슬운동과 열린사슬운동 시 좌우 어깨에 실리는 무게를 통제하고 좌우 균형 유지를 위해 양측에 사용되었다. 각도 제어 저울은 닫힌사슬운동과 열린사슬운동 시 위팔 굽힘 각도를 고정하기 위하여 제작되었다.

3. 실험 방법

1) 근전도 전극 및 표식자 부착

본 실험에서 근활성도 측정을 위해 닫힌사슬운동과 열린사슬운동 시 어깨뼈의 조절에 기여하는 등세모근 위섬유, 큰가슴근 그리고 앞톱니근을 측정하였으며 어깨관절이 시상면에서 70°, 90°, 110°로 유지 할 때 각각 분리하여 자료를 수집하였다.

이극 표면 근전도 전극을 등세모근 위섬유, 큰가슴근 그리고 앞톱니근 하부섬유에 부착하였다. 등세모근 위섬유의 전극은 등세모근선을 따라 봉우리돌기 후부 끝과 7경추 극돌기 사이 중앙에 위치 시켰고, 큰가슴근의 전극은 겨드랑이 주름에서 내측 2 cm 부위, 앞톱니근의 전극은 5, 6번째 갈비뼈높이의 겨드랑이 중심선에서 넓은등근 앞 부위에 위치 시켰다. 접지전극은 빗장뼈에 위치 시켰다. 표면 근전도 신호에 대한 피부저항을 감소시키기 위하여 부착부위의 털은 면도기를 사용하여 제거한 후, 가는 사포로 3~4회 문질러 피부 각질층을 제거하고, 소독용 알코올로 유분을 닦은 후에 소량의 전해질 젤을 바른 표면전극을 피부에 부착하였다.

2) 실험 설계

실험은 닫힌사슬운동과 열린사슬운동 두 가지 방법으로 실시되었으며 등세모근 위섬유, 큰가슴근, 그리고 앞톱니근의 근활성도를 위팔 굽힘 각도 70°, 90°, 110°에서 알아보았다. 실험에 들어가기 전 대상자들의 이해를 돕기 위해 각 각도별로 어깨뼈 내뻐방법에 대한 예비연

습을 5분간 실시하였다.

닫힌사슬운동을 이용한 실험을 위해 실험대상자는 벽을 마주하고 선 자세로 무릎을 약간 구부린 자세에서 정면 팔 길이 정도 거리의 벽에 저울을 두었다. 이 때 대상자에게 최대한 등을 뒤로 밀어(plus up) 어깨뼈가 내뻐 되도록 한 후 5초간 유지하도록 하였고 측정 동안 대상자는 직접 눈으로 저울의 눈금을 확인하며 무게를 2 kg으로 통제하고 좌우 균형을 유지하도록 하였다. 각각의 수행 사이에는 1분간의 휴식을 주었다. 머리의 위치 혹은 움직임에 의해 야기 될 수 있는 등세모근 위섬유의 근활성의 변화를 피하기 위해, 실험 중 자세 교정 막대를 사용하여 실험대상자가 검사 중에 목이 펴지지 않도록 턱을 당기고 머리, 등, 엉덩이 부분의 정렬을 유지하도록 하였다. 검사 과정을 통해 각 대상자들을 위한 근전도 데이터의 시각 되먹임기전은 차단 시켰다. 측정 시 각도는 무작위순으로 하였다.

열린사슬운동을 이용한 실험을 위해 대상자는 닫힌사슬운동과 같은 자세로 등을 곧게 펴고 선 자세에서 무릎을 약간 구부린 상태로 대상자의 어깨 높이에서 대상자의 후방 측정 장치에 고정되어 밴드와 연결된 매달림 저울의 손잡이를 양손에 고정하고 주관절을 펴시킨 상태에서 최대한 등을 뒤로 밀어 어깨뼈가 내뻐 되도록 한 후 5초간 유지하도록 하였다. 근활성도 측정 동안 대상자는 직접 눈으로 저울의 눈금을 확인하며 무게를 2kg으로 통제하고 좌우 균형을 유지하도록 하였다.

4. 분석방법

1) 자료 처리 및 표준화

등세모근 위섬유, 큰가슴근 그리고 앞톱니근의 근활성도를 표준화하기 위해 맨손근력검사 자세에서 최대 등척성 수축(maximal voluntary isometric contraction: MVIC)시 각 근육의 최대 근활성도를 3회씩 반복 측정하였다. 5초 동안의 자료값을 제곱 평균 제곱근법(root mean square: RMS)로 처리 한 후 처음과 마지막 1초를 제외한 중간 3초 동안의 평균 근전도 신호량을 %MVIC로 사용하였다.

2) 통계 방법

자료의 통계처리를 위해 상용 통계프로그램인 윈도용 SPSS(Statistical Package for the Social Sciences) 12.0 프로그램을 사용하였다.

닫힌사슬운동과 열린사슬운동 시 위팔 굽힘 각도 70°, 90°, 110° 세 가지 상태에 따른 앞뿔니근의 상대적 근활성도를 비교하기 위해 반복 측정된 이요인 분산분석(two-way repeated measure analysis of variance)을 하였으며, 사후검정을 위해서 본페로니 수정법(Bonferroni's correction)을 사용하여 위 세 가지 각도상태에서 서로 유의한 차이가 있는지 알아보았다. 통계학적 유의수준 $\alpha=.05$ 로 하였다.

III. 연구 결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

연구대상자는 총 16명 남성으로 평균나이는 20.7세, 평균신장은 172.9 cm, 평균체중은 66.6 kg이었다(Table 1).

Table 1. General characteristics of subjects (N=16)

	Mean±SD	Range
Age (year)	20.7±4.8	20~25
Height (cm)	172.9±20.4	163~186
Weight (kg)	66.6±28	55~82

2. 닫힌사슬운동과 열린사슬운동 시 위팔 굽힘 각도에 따른 등세모근 위섬유의 근활성도 비교와 활동전위 비교

닫힌사슬운동과 열린사슬운동 시 위팔 굽힘 각도에 따른 등세모근 위섬유의 근활성도는 각도별, 운동별 모두에서 유의한 차이가 없었다($p>.05$). 등세모근 위섬유의 근활성도 평균값은 닫힌사슬운동에서 위팔 굽힘을 110°했을 때 5.50%MVIC, 90°했을 때 6.47%MVIC, 70°했을 때 6.88%MVIC로 각도가 내려가면서 증가한 반면 열린사슬운동에서는 70°했을 때 4.20%MVIC, 90°했을 때 4.84%MVIC, 110°했을 때 6.98%MVIC로 각도

가 올라가면서 증가하였다(Fig 3).

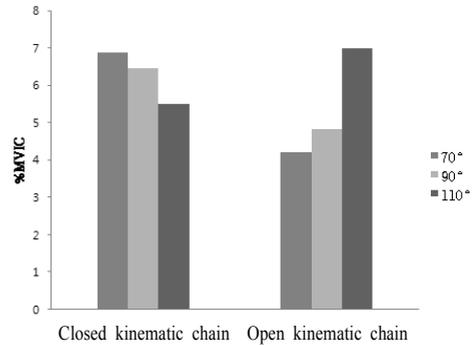


Fig 3. Comparison of the Upper Trapezius Muscle Activity according to the Shoulder Flexion Angles

3. 닫힌사슬운동과 열린사슬운동 시 위팔 굽힘 각도에 따른 큰가슴근의 근활성도 비교와 활동전위 비교
 닫힌사슬운동과 열린사슬운동 시 위팔 굽힘 각도에 따른 큰가슴근의 근활성도는 각도별, 운동별 모두에서 유의한 차이가 없었다($p>.05$). 큰가슴근의 근활성도 평균값은 닫힌사슬운동에서 위팔 굽힘을 70°했을 때 6.55%MVIC, 90°했을 때 5.64%MVIC, 110°했을 때 5.70%MVIC, 그리고 열린사슬운동에서 70°했을 때 6.04%MVIC, 90°했을 때 5.72%MVIC, 110°했을 때 6.09%MVIC로 비슷하게 나타났다(Fig 4).

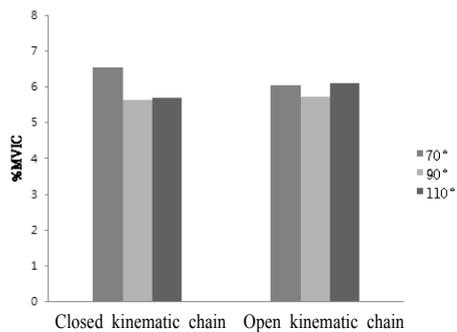
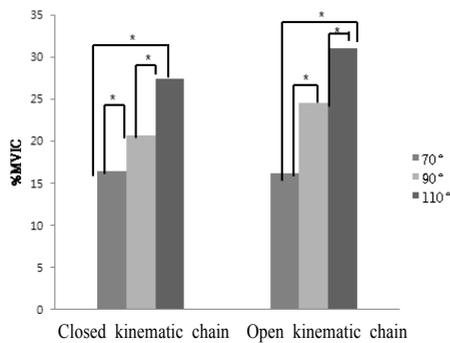


Fig 4. Comparison of the Pectoralis Major Muscle Activity according to the Shoulder Flexion Angles

4. 닫힌사슬운동과 열린사슬운동 시 위팔 굽힘 각도에 따른 앞톱니근의 근활성도 비교와 활동전위 비교
 닫힌사슬운동과 열린사슬운동 시 위팔 굽힘 각도에 따른 앞톱니근의 근활성도는 각도에 따라 유의한 차이가 있었다($p<.05$). 사후검정결과 110° 와 90° , 90° 와 70° , 110° 와 70° 에서 유의한 차이가 있었다($p<.05$). 운동 별 닫힌사슬운동과 열린사슬운동에서는 유의한 차이가 없었다($p>.05$). 앞톱니근의 근활성도 평균값은 열린사슬운동 시 70° 에서 $16.38\%MVIC$, 90° 에서 $20.65\%MVIC$, 110° 에서 $27.35\%MVIC$ 였고, 닫힌사슬운동 시 70° 에서 $16.19\%MVIC$, 90° 에서 $24.54\%MVIC$, 110° 에서 $30.98\%MVIC$ 로 두 운동방법 모두 110° 에서 가장 높게 나왔으며 각도가 올라갈수록 유의하게 증가하였다($p<.05$)(Fig 5).



* $p<.05$.

Fig 5. Comparison of the Serratus anterior Muscle Activity according to the Shoulder Flexion Angles

IV. 고 찰

많은 연구자들이 견흉관절을 안정화시키기 위하여 앞톱니근에 관심을 두고 있고, 앞톱니근을 선택적으로 강화시킬 수 있는 운동방법에 대하여 연구하고 있다 (Ludewig 등, 2004, Ekstrom 등, 2003; Decker 등, 1999). 그러나 이러한 연구는 대부분 개별적 운동 방법 자체의 효과를 보는 연구였고 닫힌사슬운동과 열린사슬운동의 효과적인 근활성도를 보는 것은 아니었다. 또한, 어

깨에 직접적으로 실리는 무게를 일정하게 통제하여 각도 별로 앞톱니근의 근활성도를 비교한 연구는 미흡한 실정이다. 더욱이 임상적으로 어깨충돌증후군환자들에게 여러가지 닫힌사슬운동과 열린사슬운동을 이용한 치료가 널리 사용되고 있지만 이러한 운동들을 쉽게 이해하고 응용할 수 있는 연구는 아직 부족한 현실이다.

따라서 본 연구는 비슷한 동작이지만 다른 형태의 운동인 벽 푸쉬업 플러스를 닫힌사슬운동, 정적 꺼안기를 열린사슬운동으로 선택하였고 실험동안 어깨에 실리는 무게를 일정하게 2 kg으로 통제한 다음 어깨뼈를 내밌 및 위쪽돌림 시킨 상태에서 앞톱니근과 등세모근 위섬유 그리고 큰가슴근의 근활성도를 위팔 굽힘 각도 70° , 90° , 110° 로 나누어 표면 근전도 분석 시스템을 이용하여 알아보았다.

연구결과 등세모근 위섬유의 근활성도는 각도별, 운동별 유의한 차이가 없었다($p>.05$). 비록 유의한 차이는 없었지만 등세모근 위섬유의 근활성도는 닫힌사슬운동에서 위팔 굽힘을 110° 했을 때 $5.50\%MVIC$, 90° 했을 때 $6.47\%MVIC$, 70° 했을 때 $6.88\%MVIC$ 로 각도가 내려가면서 증가한 반면 열린사슬운동에서는 70° 했을 때 $4.20\%MVIC$, 90° 했을 때 $4.84\%MVIC$, 110° 했을 때 $6.98\%MVIC$ 로 각도가 올라가면서 증가하여 서로 반대의 양상을 띄었다. 이는 닫힌사슬운동에서 원위부 지절의 고정인 어깨뼈에 상대적 안정성을 제공하였고 열린사슬운동에서 원위부 지절의 자유로운 상태가 어깨뼈에 상대적 불안정성을 제공하여 같은 무게를 지지할 때 열린사슬운동에서 높은 각도로 갈수록 등세모근 위섬유가 어깨뼈의 불안정성을 보상하기위해 높은 근활성도를 보인 것이라 판단된다. 초과된 등세모근 위섬유의 활성은 비정상적인 어깨뼈의 운동학과 연관된 어깨충돌증후군이 있는 환자에게서 보여지고, 약한 앞톱니근의 활성으로 인해 어깨뼈의 움직임에서 보상작용이 나타난다(Ludewig와 Cook, 2000; Lukasiewicz 등, 1999; McClure 등, 2004; Peat와 Grahame, 1977). 그러므로 등세모근 위섬유의 비정상적인 어깨뼈에 보상작용이 나타나는 어깨충돌증후군환자의 치료 시 초기 낮은 각도 (70° , 90°)에서는 열린사슬운동을 적용하고 위팔 굽힘

각도가 올라감에 따라 높은 각도(110°)에서는 닫힌사슬 운동을 적용시키는 것이 등세모근 위섬유의 근활성도를 낮은 상태로 유지하면서 치료 할 수 있는 효과적인 방법일 것이다.

연구결과 큰가슴근의 근활성도는 각도별, 운동별 유의한 차이가 없었다($p>.05$). 큰가슴근의 근활성도는 닫힌사슬운동에서 위팔 굽힘을 70°했을 때 6.55%MVIC, 90°했을 때 5.64%MVIC, 110°했을 때 5.70%MVIC, 그리고 열린사슬운동에서 70°했을 때 6.04% MVIC, 90°했을 때 5.72%MVIC, 110°했을 때 6.09%MVIC로 비슷하게 나타났다. 이 결과는 두 가지 운동 방법을 세 가지 각도에서 어깨 내밀과 위쪽돌림을 하였을 때 큰가슴근이 어깨뼈의 정상 위치를 유지하기 위한 앞뿔니근에 어떠한 영향도 미치지 않는 것을 의미한다. 이는 Cha(2008)가 무릎을 구부리고 엎드린 상태에서 네발기기자세에서 손이 닿은 지면에 대해 어깨와 체간이 이루는 각이 90°인 것을 중립자세라 하고 이 상태에서 몸을 전방으로 이동하여 어깨와 몸이 이루는 각을 75°로 유지한 것을 전방락킹, 그리고 중립자세에서 후방으로 몸을 이동하여 어깨와 몸이 이루는 각을 105°로 유지하는 것을 후방락킹 자세로 구분하여 견흉관절근육의 근활성도를 연구한 것과 비교하여 설명할 수 있다. 이 연구에서도 큰가슴근이 네발기기자세에서 다른 각도 자세별로 유의한 차이 없이($p>.05$) 큰가슴근의 근활성도가 전방락킹 자세에서 17.88%MVIC, 중립자세에서는 17.55%MVIC, 후방락킹자세에서 17.29%MVIC로 나타나 자세별로 비슷하게 나타났는데 저자는 이에 대한 설명으로 비록 유의한 차이는 보이지 않았지만 어깨뼈 날개근의 경우 후방락킹자세에서 10.46 %MVIC, 중립자세에서 15.54%MVIC, 전방락킹자세에서 17.51%MVIC로 순차적으로 유지할 때 점차적으로 체중이 부과됨으로써 어깨뼈의 정상위치를 유지하는 것이 어려워질 것이고, 이를 보상하기 위하여 큰가슴근의 근활성도가 증가되었다고 생각된다. 하지만 정상근은 어깨뼈 날개가 보이지 않고, 부하가 증가하더라도 어깨뼈를 정상위치로 유지할 수 있기 때문에 세 가지 자세에서 큰가슴근의 근활성도가 비슷한 것이라고 생각된다(차용호, 2008). 본 연구에서도 정상인을 대상으로 실험을 하였고 2kg

의 무게를 대상자들이 실험동안 어깨뼈의 날개 없이 충분히 안정적으로 실험을 수행 할 수 있었기 때문에 큰가슴근의 근활성도가 위팔 굽힘 각도에 따라 닫힌사슬운동을 했을 때와 열린사슬운동을 했을 때 유의한 차이 없이 비슷했다고 판단된다($p>.05$). 또한 선행연구 결과에서 대상자가 엎드린 상태로 어깨에 실리는 무게에 상관없이 자세유지동안 어깨뼈의 날개를 보이지 않고 정상위치를 유지 할 수 있다면 큰가슴근은 비슷한 근활성도를 나타낸다는 것을 알 수 있었고 무게를 통제 한 본 연구의 결과와 비교하여 설명을 한다면 대상자가 자세유지동안 어깨뼈의 날개를 보이지 않고 정상위치를 유지 할 수 있다면 큰가슴근은 위팔 굽힘 각도에 상관없이 선자세에서도 비슷한 근활성도를 나타낸다고 할 수 있다. 그러므로 어깨뼈의 날개가 없는 정상인의 큰가슴근은 견흉관절에서 일어나는 움직임에 크게 영향을 받지 않는다고 할 수 있다.

연구결과 닫힌사슬운동 시 앞뿔니근의 근활성도는 각도별 유의한 차이가 있었다($p<.05$). 앞뿔니근의 근활성도는 위팔 굽힘 110°와 90°, 90°와 70°, 110°와 70°에서 유의한 차이가 있었다($p<.05$). 앞뿔니근의 근활성도는 70°에서 16.38%MVIC, 90°에서 20.65%MVIC, 110°에서 27.35%MVIC로 110°에서 가장 높았고 각도가 증가할수록 유의하게 증가하였다($p<.05$).

본 연구결과는 Hardwick 등(2006)이 벽 슬라이드 운동 시 각도에 따른 앞뿔니근의 근활성도 차이를 조사한 연구와 비교하여 설명될 수 있다. 벽 슬라이드 운동은 벽에 기대어 원위부 지절인 손에 체중을 지지하여 실시한 닫힌사슬운동이라 할 수 있고, 이 실험에서 앞뿔니근의 근활성도는 위팔 굽힘 각도가 올라가면서 벽 슬라이드 운동에서 90°일 때 37.1% MVIC, 120°일 때 58.3%MVIC, 140°일 때 75.7%MVIC로 각도가 올라가면서 유의하게 증가하였다($p<.05$). 본 연구에서도 닫힌사슬운동 시 앞뿔니근의 근활성도는 70°일 때 16.38%MVIC, 90°일 때 20.65%MVIC, 110°일 때 27.35%MVIC로 각도가 올라가면서 유의하게 증가하였다($p<.05$). 이는 Hardwick 등(2006)의 연구 결과와 일치하며 어깨에 실리는 무게를 일정하게 함으로서 좀 더 세밀하게 운동을 적용시키고 이해하는데 활용될 수 있을 것이다.

연구결과 열린사슬운동 시 앞뿔니근의 근활성도는 각도별 유의한 차이가 있었다($p < .05$). 앞뿔니근의 근활성도는 110° 와 90° , 90° 와 70° , 110° 와 70° 에서 유의한 차이가 있었다($p < .05$). 앞뿔니근의 근활성도는 70° 에서 16.19%MVIC, 90° 에서 24.54 %MVIC, 110° 에서 30.98%MVIC로 110° 에서 가장 높게 나왔고 각도가 증가할수록 유의하게 증가하였다($p < .05$).

본 연구결과는 Weon 등(2009)의 연구에서 전방 머리 자세와 중립 머리 자세에서 앉은 자세로 2kg 덤벨을 들고 등척성 위팔 굽힘(30° , 60° , 90° , 120°)을 실시했을 때 어깨뼈 상방 회전근(앞뿔니근, 등세모근 위섬유, 등세모근 아래섬유)들의 근활성도 차이를 본 것과 비교하여 설명될 수 있다. 중립머리자세에서 몸을 정렬하고 2kg 덤벨을 들고 있는 상태로 등척성 어깨굽힘을 실시한 것은 열린사슬운동이라 할 수 있고 2 kg의 무게를 준 것 또한 무게의 벡터방향은 다르지만 각도별로 일정한 무게를 통제했다 할 수 있다. 정상인을 대상으로 실시한 이 실험의 결과는 중립 머리 자세에서 앞뿔니근의 근활성도는 등척성 위팔 굽힘을 30° 했을 때 약 19%MVIC, 60° 했을 때 약 22%MVIC, 90° 했을 때 약 39%MVIC, 120° 했을 때 약 55%MVIC로 각도가 올라가면서 유의하게 증가하였다($p < .05$). 본 연구는 열린사슬운동에서 머리와 체간 다리의 정렬을 바르게 한 후 몸 뒤에 각도를 조절할 수 있는 기동을 설치하고 기동과 대상자의 손과 연결한 밴드의 장력을 2 kg으로 일정히 유지하였다. 이는 Weon 등(2009)의 연구를 뒷받침하는 동시에 좀 더 세밀하게 어깨에 대한 부하를 다른 방법으로 조절하는데 활용될 수 있을 것이다.

연구 결과 앞뿔니근, 등세모근 위섬유, 큰가슴근의 근활성도는 운동별 유의한 차이가 없었다($p > .05$). 이는 세 근육의 근활성도가 두 운동을 구분하는 운동 형태에 영향을 받지 않는다는 것을 의미한다. 운동별로 유의한 차이는 보이지 않았지만 두 운동 모두에서 각도별로 유의한 차이가 있었고 두 운동에서 앞뿔니근의 근활성도 평균값을 비교했을 때 닫힌사슬운동 보다 열린사슬운동 시 90° , 110° 에서 더 증가하였다. 이것을 등세모근 위섬유와 앞뿔니근의 근활성도를 함께 설명한다면 열린사슬운동은 낮은 각도(70° , 90°)에서 등세모근 위섬

유의 낮은 근활성도와 앞뿔니근의 높은 근활성도를 보이고 닫힌사슬운동은 높은 각도(110°)에서 등세모근 위섬유의 낮은 근활성도와 앞뿔니근의 높은 근활성도를 보인다고 할 수 있다. 닫힌사슬운동과 열린사슬운동 모두에서 어깨의 각도에 따라 앞뿔니근의 근활성도가 유의한 차이가 있으므로($p < .05$) 임상에서 앞뿔니근의 약화로 인한 어깨뼈의 날개와 어깨뼈의 불충분한 내밀과 위쪽돌림을 보이는 어깨충돌증후군환자의 치료 시 어깨 관절의 재활 프로그램 선택에 고려되어야 할 것이다. 특히 등세모근 위섬유의 낮은 근활성도와 앞뿔니근의 높은 근활성도를 이끌어 내기위해서 낮은 각도(70° , 90°)에서는 열린사슬운동을 적용하고 높은 각도(110°)에서는 닫힌사슬운동을 적용하는 것이 더욱 효과적 일 거라 생각된다.

본 실험 초기 어깨에 실리는 무게에 대한 통제 수치를 정할 때 70° , 90° , 110° 에서 각 운동 형태에 따라 일정하게 유지할 수 있는 무게 수치가 달랐고 여러 번의 예비실험 끝에 두 운동 모두에서 피로감 없이 5초씩, 5회 측정을 원활히 수행할 수 있는 무게인 2 kg으로 설정하게 되었다. 적은 무게로 각도별로 일정히 통제하는 것에 대한 임상적인 의의는 어깨 기능 부전 환자의 대부분이 수행 시 통증이 덜하기 때문에 바닥에서 실시하는 운동 보다는 벽에서 실시하는 운동을 보다 쉽게 할 수 있었다는 것(Hardwick 등, 2006)에 들 수 있다.

본 연구의 제한점으로는 환자에 대한 일반화 문제와 실험 시 어깨에 실리는 무게를 측정할 장비의 정밀함의 차이 문제이다. 어깨 통증이 없는 정상 성인 남자를 대상으로 하여 통증이 있는 경우 결과를 예측할 수 없으므로 어깨 통증이 있는 환자에게 일반화하기에는 어려운 점이 있다. 그리고 열린사슬운동에서 20 g까지 측정할 수 있었던 정밀한 전자식 매달림 저울이었던 것에 반해 닫힌사슬운동에서는 어깨에 실리는 무게를 측정할 때 사용한 저울은 눈금 하나가 1 kg이었던 기계식 저울을 사용한 것이었다. 물론 실험 전 대상자들이 충분히 연습을 했지만 당시 구할 수 있는 장비들 중 전자식 저울은 수치가 일정하게 유지되었을 때 그 수치를 표기하는 방식으로 프로그램 되어 있어서 일정시간 동안 실시간 무게를 유지 체크해야 하는 본 실험에서는

사용할 수 없었다.

연구 결과 두 운동방법 모두에서 높은 각도로 올라갈수록 앞톱니근의 근활성도가 유의한 차이로 증가했다($p < .05$). 이것은 연구의 가설이 일부분 성립하였고 운동별로 유의한 차이를 보이지 않은 것은($p > .05$) 2kg 이외에 1 kg, 3 kg로 무게의 변화를 추가적으로 주어 연구를 해보거나 특정 각도에서 더 큰 무게로 닫힌사슬운동과 열린사슬운동의 효과를 비교해보는 연구가 필요할 것이다. 또한 향후 환자를 대상으로 닫힌사슬운동과 열린사슬운동을 실시했을 때 위팔 굽힘 각도에 따라 앞톱니근과 등세모근 위섬유 그리고 큰 가슴근의 근활성도를 비교해보는 연구가 필요할 것이다.

V. 결론

본 연구의 결과 닫힌사슬운동과 열린사슬운동 모두에서 어깨의 각도에 따라 앞톱니근의 근활성도에 유의한 차이가 있었다($p < .05$). 임상에서 앞톱니근의 약화로 인한 어깨뼈의 날개와 어깨뼈의 불충분한 내밀과 위쪽 돌림을 보이는 어깨충돌증후군 환자의 치료 시 어깨 관절의 재활 프로그램 선택에 고려되어야 할 것이다. 특히 등세모근 위섬유의 낮은 근활성도와 앞톱니근의 높은 근활성도를 이끌어 내기위해서 낮은 각도(70° , 90°)에서는 열린사슬운동을 적용하고 높은 각도(110°)에서는 닫힌사슬운동을 적용하는 것이 더욱 효과적일 것이라고 생각된다.

References

- Cha YH. 2008. Comparison of the scapulothoracic muscle activities according to the type of quadruped position. Dept. of Ergonomic Therapy. The Graduate School of Health and Environment. Yonsei University. Master's thesis. 2008.
- Davies GJ, Dickoff-Hoffman S. Neuromuscular testing and rehabilitation of the shoulder complex. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1993;18(2):449-58.
- Decker MJ, RA Hintermeister, KJ Faber et al. Serratus anterior muscle activity during selected rehabilitation exercises. *Am J Sports Med.* 1999;27(6):784-91.
- 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.
- Ellenbecker TS, Davies GJ. Closed kinetic exercise. Champaign: Human kinetics. 2001.
- Hardwick DH, Beebe JA, McDonnell MK et al. A comparison of serratus anterior muscle activation during wall slide exercise and other traditional exercises. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2006;36(12):903-10.
- Iwasaki T, Shiba N, Matsuse H et al. Improvement in knee extension strength through training by means of combined electrical stimulation and voluntary muscle contraction. *Tohoku J Exp Med.* 2006;209(1):33-40.
- Jackson DA. The treatment of scapular dysfunction in the athlete with chronic shoulder pain. Presented at the annual conference for the National Athletic Trainer's Association, Indianapolis, IN. 1995;June:15-8.
- Jang JW. Change of muscle activation in quadriceps femoris muscle during taking open kinetic chain exercise and closed kinetic chain exercise and closed kinetic chain exercise: on the subject of soccer players. The Graduate School of Bio-medical Sciences. Korea University. Master's thesis. 2004.
- Kim YJ, Park RJ. The effects of closed kinetic chain exercises of unstable floor on the stability of the knee joints of patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine.* 2008;3(1):11-20
- Lephart SM. Scientific rationale and physiological effects of closed kinetic chain in upper extremity rehabilitation. Presented at the Closed Kinetic Chain in Sports Rehabilitation. 1995;February:4-5.
- Ludewig PM, Cook TM. Alterations in shoulder kinematics

- and associated muscle activity in people with symptoms of shoulder impingement. *Phys Ther.* 2000;80(3):276-91.
- Ludewig PM, Hoff MS, Osowski EE et al. 2004. Relative balance of serratus anterior and upper trapezius muscle activity during push-up exercises. *Am J Sports Med.* 32(2):484-93.
- Lukasiewicz AC, McClure P, Michener L et al. Comparison of 3-dimensional scapular position and orientation between subjects with and without shoulder impingement. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1999;29(10): 574-83.
- McClure PW, Bialker J, Neff N et al. Shoulder function and 3-dimensional kinematics in people with shoulder impingement syndrome before and after a 6-week exercise program. *Phys Ther.* 2004;84(9):832-48.
- Peat M, Grahame R. Electromyographical analysis of soft tissue lesions affecting shoulder function. *Am J Phys Med.* 1977;56(5):223-40.
- Prentice WE, Voight ML. *Techniques in musculoskeletal rehabilitation.* McGraw-Hill. 2005.
- Sahrmann S. *Diagnosis and Treatment of Movement impairment Syndromes.* Mosby. 2002.
- Stone JA, Lueken JS, Partin NB et al. Closed kinetic chain rehabilitation for the glenohumeral joint. *J Athl Train.* 1993;28(1):34-7.
- Tippett SR. Closed chain exercise. *Orthop Phys Ther Clin North Am.* 1992;1:253-67.
- 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 Oct;14(4): 367-74.