

어깨관절 벌림 시 부하 형태에 따른 근활성도 분석

권원안·김상수·이상학·김기철*·민동기¹

대구보건대학교 물리치료과, *계명대학교 대학원

Analysis of Electromyography in Accordance with Abduction Angle of Shoulder Joint

Won-An Kwon, PT, PhD*; Sang-Soo Kim, PT, PhD; Lee-Sang Hak;
Gi-Chul Kim, PT, MS; Dong-Ki Min, PT, MS¹

Dept. of physical Therapy, Daegu Health College

¹Dept. of Physical Therapy, Graduate School, Keimyung University

ABSTRACT

Purpose : This study according to the angle at the shoulder joint abduction compare muscle activity by analyzing abduction in normal depending on the angle of the shoulder joint which muscles are activated exactly know what its purpose is.

Methods : 15 students with a healthy shoulder abduction angles (45°, 90°) according to the trapezius (upper, midder, lower), infraspinatus, deltoid, pectoralis major, serratus anterior, latissimus dorsi muscle activity of the were analyzed. How the % MVIC EMG activity of each muscle EMG signals were standardized.

Results : The mean age of the study subjects 23.6 years old, and is a key 175.6Cm, weight 70.66Kg respectively. 45°non-load Pectoralis major, load Deltoid, 90°non-load Deltoid, Latissimus dorsi load showed the most activity.

Conclusion : The purpose of this study the muscle activity of the muscles in order to mobilize the comparison of the active muscles, but the experimenter with a range of individual differences that every time I was able to find the average. Based on these results will be helpful in future studies.

Key Words : Abduction, EMG, Angle Shoulder joint, MVIC, Load, Non-load

I. 서론

어깨 복합체의 관절은 복장뼈, 빗장뼈, 갈비뼈, 어깨뼈 그리고 위팔뼈 등의 4개의 관절로 구성되어 있으며, 외상이나 질환의 발생 시 어깨관절의 움직임에 제한하여 상지의 효율성을 크게 떨어뜨리게 된다(황재범 등, 2012; Neumann, 2010). 특히 오목위팔관절은 어깨뼈의 많은 움직임과 연합하여 큰 운동범위를 만들어내지만 불안정한 형태를 갖추어 외상이나 질환에 취약하다(황재범 등, 2012). 이러한 어깨뼈에서의 기능적인 움직임은 이마면의 30~45° 전방에 놓여 있어 위팔뼈의 벌림과 굽힘 기능에 대한 이해는 성공적인 진단과 중재를 하기 위해 필히 숙지하고 있어야만 한다(Eckenrode 등, 2012). 어깨관절 기능을 평가하기 위한 대표적인 운동은 이마면에서의 어깨관절 벌림이 흔히 사용되지만, 어깨 부상이 환자의 자세는 어깨 질환에 대해 영향을 미칠 수 있는 변수가 될 수 있기 때문에, 일반적으로는 보다 기능적이고 자연스러운 움직임이 일어나는 어깨면에서 위팔뼈를 거상하는 것을 권장하고 어깨관절의 근력강화 운동도 어깨면에서 실시하도록 한다(Greenfield 등, 1995; 황재범 등, 2012).

어깨 통증에서 대표적인 질환이 어깨 충돌증후군이라 할 수 있으며 어깨 충돌증후군이란 봉우리밑 공간의 내용물에 대한 어깨뼈머리와 큰결절의 반복된 압박을 말하고, 그 인자로 등뼈가 앞으로 숙여진 자세, 앞톱니근의 기능 이상, 접시오목관절의 불안정성, 돌림근띠 근육의 퇴행, 접시오목관절주머니의 단단함이나 유착, 봉우리밑 공간의 용적감소 등이 있으며 주로 어깨관절을 반복적으로 90° 이상 벌림 시키는 직업에서 일어날 수 있다(Neumann, 2010). 이러한 충돌 증상은 외상 후 즉시 발생할 수도 있으며, 통증의 형태는 일반적으로 환자가 누워있을 때 어깨, 팔부위에서 나타나는데 주로 밤에 통증을 호소한다. 또 하늘방향으로 손을 뻗을 때나 머리 빗질을 할 때처럼 팔을 올릴 때 통증이 나타난다(Koester 등, 2005).

어깨세모근은 어깨 기능에 중요한 역할을 담당하는 근육이다. 이 근육은 전방 또는 빗장뼈, 중간 또는 어깨

봉우리와 후방 또는 척추의 구성과 위팔뼈의 어깨의 외전에 주로 작용한다(Moser, 등 2013). 어깨뼈의 벌림을 하는 동안 등세모근은 어깨관절의 안정성과 기능성을 유지하는데 중요한 역할을 하며 위, 중간, 아래의 세 가지 부분의 근섬유로 나누어지며 또한 등세모근의 세 가지 근 섬유들은 각각 주행방향이 다르므로 그 역할이 서로 다르다(Cools 등, 2013; Phadke 등, 2012; Neumann, 2010). 그러므로 등세모근 중 하나의 근 섬유라도 기능 부전이나 약화가 있을 시엔 근 불균형이 나타나 근 지구력이 감소하며 길이 장력 관계와 짝힘의 변화가 발생하여 어깨위팔 리듬에 변화를 초래한다(이원휘 등, 2011).

큰가슴근은 위팔뼈를 모음 및 안쪽돌림 시키며, 두 갈래로 나누어져 있어 가슴 상승을 보조하는 역할을 하며(정도현 등 2010), 큰가슴근의 두 갈래 중 빗장뼈 부분은 가슴뼈쪽에서 시작하여 위팔뼈의 큰결절능선으로 이어주어 어깨관절을 굽힘, 수평모음 시키며 복장뼈 부분은 가슴뼈의 앞면, 6~7번째 갈비연골, 배속빗근 건막에서 시작하여 위팔뼈의 큰결절능선으로 이어지며 회오리 형태로 붙어있기 때문에 어깨뼈를 내림시킨다(정도현, 등 2010).

앞톱니근은 위팔뼈를 벌림, 굽힘을 시행했을 때 어깨뼈가 들리지 않게 하고 상방회전 시켜서 후방으로 기울게 해줌으로써 어깨뼈의 안정성에 중요한 역할을 하며, 이 근육의 적절한 활성화는 팔을 올리는 동안 정상적인 어깨위팔 리듬을 유지하는데 기여하고(Ekstrom, 등 2004; Lidewig 등, 2004; 문성중, 2010; Neumann, 2010), 넓은 등근은 주로 척추의 광범위한 접촉에도 불구하고, 어깨의 동작 근육으로 간주된다(Gerling 과 Brown, 2013).

따라서 어깨에 발생하는 대부분의 증후군은 어깨 운동의 부적절한 움직임, 조절로 인한 손상이 원인으로 발생된다(Sahrmann, 2002).

그러므로 본 연구에서는 어깨관절 벌림 운동 시 어깨관절복합체에서 국면에 따른 어깨관절 벌림근의 문제를 진단하고 평가하기 위한 객관적인 평가도구로써 임상에서 널리 사용되어 지고 있는 것이 근육의 개시시

간, 근 활성 등을 평가하는 근전도 검사(electromyographic)를 이용하여(Sivadasan 등, 2012) 분석함으로써 상지의 운동치료 시 효율적인 근력강화 운동방법을 제시하는 근거를 마련하는데 그 목적이 있다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 2013년 6월 10일부터 13일까지 대구광역시 소재 D대학에 재학 중인 건강한 남성 15명을 대상으로 실험에 대한 목적과 방법에 대하여 충분히 설명한 후, 실험 참여에 동의를 구하여 진행하였다. 대상자 선정 기준은 상지에 선천적인 기형, 심각한 외과적 혹은 신경학적 질환, 지난 6개월 동안 상지의 외상, 목과 등 또는 어깨의 통증을 경험한 대상자는 제외시켰다(황재범 등, 2012).

2. 실험기기 및 도구

1) 표면 근전도 신호 및 분석 시스템

어깨 관절의 등세모근(위, 중간, 아래), 가시아래근, 어깨세모근, 큰가슴근, 앞뿔니근, 넓은등근에 대한 표면 근전도 자료 수집을 위하여 표면근전도(Noraxon myosystem DTS, USA)를 사용하였다.

표면 근전도의 전극은 DE 3.1 이중 차등(Double differential) 전극과 접지 전극(Ground electrode)을 사용하였으며, 해석 프로그램은 MR-XP Master & Clinic Version을 사용하여 Signal processing을 하여 비교분석 하였다.

3. 실험방법

1) 근전도 전극 부착

표면 전극을 부착하기 전에 피부저항을 감소시키기

위해 모든 대상자의 털을 제거하고, Skin paper로 피부 각질을 제거한 다음 알코올 솜으로 문질러 피부를 청결히 하고 알코올이 완전히 마른 뒤 전극을 부착하였다. 전극은 4cm×2.2의 크기로, 전도영역은 1cm, 전극간 거리가 2cm인 noraxon dual electrode를 사용하였다. 각 포인트에 순서대로 전극 패드를 붙일 때는 근섬유 방향으로 부착한다. 전극이 떨어지지 않도록 종이테이프고 고정시킨 상태에서 실험을 시작하고 한번의 실험이 끝날 때 마다 전극의 부착을 점검한다. 각 근육의 전극 부착위치는 Table 1과 같다(Crams, 1997).

Table 1. Attachment locations of electrodes

Muscle	전극부착부위
UT	두 활성 전극을 2cm 떨어져서 어깨의 능선을 따라, 약간 외측과 C7 경추와 acromion 사이 중간지점에서 upper trapezius의 근섬유와 평행하도록 배치한다. 근육 덩어리를 만져 근복위에 전극을 위치시킨다.
MT	어깨뼈 척추의 medial border에 위치. 전극은 수평으로 medial border 바로 옆에 2cm 떨어뜨려 배열시킨다.
LT	환자는 견갑골을 retract, depress 한 후 팔을 적어도 90도 까지 flex한다. 근육량이 나타나는 동안 견갑골의 아래 안쪽모서리를 촉진한다. 견갑골 비스듬한 각도에 전극을 배치(견갑골 가시 5cm 아래)한다. 두 개의 활성전극들은 55도 비스듬한 각도의 어깨 내측 가장자리 옆에 배치된다.
Infra-spinatus	인접한(간격 2cm) 두 전극은 어깨뼈의 어깨밑 오목을 통해 외측에 평행하게, 어깨뼈가시 아래 약 4cm에 배치한다. 후방삼각근에 배치하지 않는다.
Deltoid	전극을 2cm 떨어져서 위팔의 가쪽면에, acromion의 3cm밑 근육에 위치시킨다. 전극은 근섬유와 같은 방향으로 수행한다.
PM	우선은 clavicle을 촉진하고, 두 개의 활성 전극을 2cm떨어지게 쇄골을 향해 비스듬한 각도로 가슴 벽에 배치하고, clavicle 약 2cm아래에, 겨드랑이 주름 안쪽 바로아래에 부착한다. Sternum에 배치는 겨드랑이 주름 앞쪽을 찾는다. 내측 저항에 대하여 팔을 회전하면서 겨드랑이의 접힌 바로 내측을 만져본다. 동적인 전극을 붙이는 장소는 수평으로 가슴벽을 따라 근육의 솟아 오른 부분에 부착한다.

SA	환자의 팔을 저항에 대해 구부리게 한다. 어깨 뼈의 아래각 높이의 latissimus dorsi 근육 모서리에 앞서는 구역에서 이러한 수축을 촉진한다. 두 개의 활성 전극을 수평으로 2cm 떨어져서 겨드랑이 아래에, 어깨뼈 아래각 높이에서 latissimus dorsi의 바로 안쪽에 배치 전극이 latissimus dorsi 근육 앞쪽에 위치하도록 한다.
LD	Scapula를 촉진한다. 두 개의 활성 전극을 배치한다(간격 2cm). 어깨의 밑 쪽 끝 척추와 어깨의 가쪽 모서리 사이의 거리에 절반보다 약 4cm이하에 있다. 그들은 약 25° 정도의 약간 비스듬한 각도를 지향한다.

UT : Upper trapezius, MT : Mid trapezius, LT : Low trapezius, PM : Pectoralis major, SA : Serratus anterior, LD : Latissimus dorsi

2) 측정자세

(1) 비부하 벌림

실험 대상자는 직립자세에서 시선은 정면을 향하고 다리는 어깨넓이로 벌린 상태를 유지하도록 하였다. 근활성도 값의 정확한 측정을 위해 해부학적 자세에서 몸과 팔에 최대한 힘을 뺀 편안한 자세에서 측정을 시작하였다.

등세모근 (위, 중간, 아래), 가시아래근, 어깨세모근, 큰가슴근, 앞뿔니근, 넓은등근의 근활성도를 비교하기 위해 어깨관절 45°, 90° 벌림 자세에서 측정하였다. 실험 대상자는 팔을 올리기 전에 숨을 크게 한번 쉬고 최대한 힘을 뺀 뒤 손의 모양은 Palm down 한 상태로 팔을 지정 선까지 들어 올린 후 5초간 유지하였다. 이때 모든 대상자가 동일한 각도로 팔을 들기 위해서 각도판을 이용하였다. 이 각도판은 오목위팔관절을 축으로 하여 45°와 90°를 미리 표시해두었다. 보다 정확한 측정을 위해서 피실험자의 옆에 측정자가 위치하여 정확한 자세를 유지하도록 지시해주었다. 측정 후 근육의 피로회복을 위해 5분간의 휴식을 부여하였다.

(2) 부하 벌림

손목 위에 2Kg의 모래주머니를 스트랩으로 고정시킨 상태로, 위와 같은 과정으로 실험한다(Fig. 4).

3) 근전도 분석방법

표면근전도 신호의 개인차 및 개인 내 근육별 차이를 최소화시켜 전반적인 변화추세를 통한 근전도 신호를 근육간의 비교나 대상자 간 비교를 하기 위해서 정규화(normalization) 과정이 필요하다(김기철, 2013). 7초 동안의 자료 값을 RMS처리한 후 처음과 마지막 1초를 제외한 5초 동안의 평균 근전도 신호량을 100% MVIC 값으로 사용하였다.

4. 자료분석

본 연구에서 측정된 결과는 윈도우용 SPSS ver. 12.0을 이용하여 분석하였고, 대상자의 일반적인 특성은 기술통계량의 평균과 표준편차를 사용하였다. 벌림 운동 시 국면에 따른 어깨관절복합체 근육들의 기술통계량과 대응표본 t-검정을 실시하였다. 통계적 유의수준은 α 는 0.05로 하였다.

Ⅲ. 결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

연구대상자의 나이는 평균 23.6세이고, 키는 175.6cm이며, 몸무게는 70.66kg으로 나타났다(Table 2).

Table 2. General characteristics of study subjects

Character	Mean	Standard Deviation
Age(yrs)	23.60	2.72
Height(cm)	175.60	4.37
Weight(kg)	70.66	9.73

2. 부하와 비부하에 따른 근활성도 비교

1) 45°어깨관절 벌림 비교

45° 부하로 벌림을 했을 때는 어깨세모근이 가장 많

은 활성화를 나타내었고, 큰가슴근이 두 번째 높은 활성화를 보였다. 반면에 앞톱니근이 가장 낮은 활성화를 보였다.

비부하로 벌림을 했을 때 큰가슴근이 가장 많은 활성화를 나타내었고 두번째로 어깨세모근이 많은 활성화를 나타내었다. 반면에 위 등세모근, 중간 등세모근, 그리고 앞톱니근이 가장 낮은 활성화를 보였다.

45°에서의 부하-비부하간의 차이는 중간 등세모근과 어깨세모근이 가장 컸고, 큰가슴근이 가장 작게 나타났다.

그리고 8개의 근육들 모두 다 유의한 것으로 나타났다($p < 0.05$) (Fig. 1; Table 3).

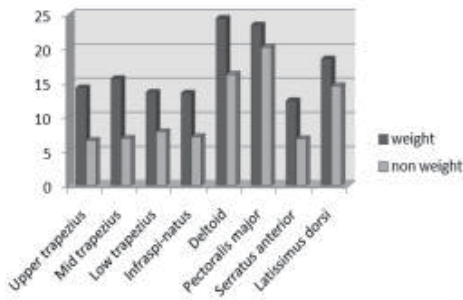


Fig. 1. Comparison of weight-non weight of 45° abduction.

Table 3. Comparison of weight-non weight of 45° abduction.

Muscle	Method	Mean ±SD	diff. value	p
UT	weight	14,28 ± 7,40	7,68	,000
	non weight	6,60 ± 3,81		
MT	weight	15,63 ± 4,62	8,71	,000
	non weight	6,92 ± 2,35		
LT	weight	13,63 ± 5,74	5,75	,000
	non weight	7,88 ± 5,46		
IS	weight	13,52 ± 9,73	6,36	,001
	non weight	7,16 ± 4,57		
DT	weight	24,44 ± 13,22	8,18	,000
	non weight	16,26 ± 9,88		

PM	weight	23,48 ± 8,05	3,26	,000
	non weight	20,22 ± 6,32		
SA	weight	12,41 ± 5,27	5,55	,000
	non weight	6,86 ± 3,51		
LD	weight	18,50 ± 8,28	3,91	,000
	non weight	14,59 ± 5,66		

2) 90°어깨관절 벌림 비교

90° 부하로 벌림을 했을 때는 넓은 등근이 가장 많은 활성화를 나타내었고, 어깨세모근이 두 번째 높은 활성화를 보였다. 반면에 가시아래근이 가장 낮은 활성화를 보였다.

비부하로 벌림을 했을 때 어깨세모근이 가장 많은 활성화를 나타내었고 두 번째로 큰가슴근이 많은 활성화를 나타내었다. 반면에 가시아래근과 앞톱니근이 가장 낮은 활성화를 보였다.

90°에서의 부하-비부하간의 차이는 중간 등세모근이 가장 컸고, 45° 벌림 시와 같이 큰가슴근이 가장 작게 나타났다.

그리고 어깨 세모근과 큰가슴근을 제외한 나머지 근육들은 유의한 것으로 나타났다($p < 0.05$) (Fig. 2; Table 4).

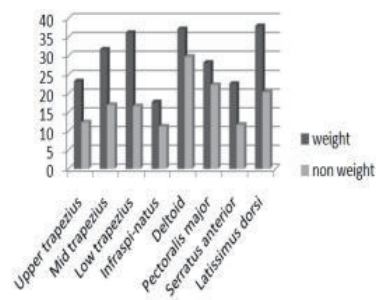


Fig. 2. Comparison of weight-non weight of 90° abduction.

Table 4. Comparison of weight-non weight of 90° abduction.

Muscle	Method	Mean±SD	diff. value	P
UT	weight	23.26±12.11	10.87	.000
	non weight	12.39±5.98		
MT	weight	31.70±11.25	20.45	.000
	non weight	16.95±6.01		
LT	weight	36.17±13.42	19.49	.000
	non weight	16.68±8.61		
IS	weight	17.69±8.27	6.44	.000
	non weight	11.25±8.57		
DT	weight	37.15±12.68	7.35	0.72
	non weight	29.80±14.78		
PM	weight	28.19±9.48	5.89	0.05
	non weight	22.30±6.44		
SA	weight	22.59±12.84	10.87	.000
	non weight	11.72±6.59		
LD	weight	37.92±18.66	17.85	.000
	non weight	20.34±7.87		

IV. 고찰

본 연구는 근육의 동원 순서에 따른 근활성도의 비교는 아니지만 기립 상태에서의 정상인의 어깨관절 벌림 시 각도에 따른 어깨복합체 근육의 근활성도를 분석하고 그 결과를 규명함으로써 정상인의 어깨관절에서 벌림 각도에 따라 어느 근육이 얼마나 활성화 되는지를 정확하게 아는 것이 중요하다 할 수 있다.

어깨관절 벌림 각도에 따른 근활성도 분석을 위해 등세모근(위, 중간, 아래), 가시아래근, 어깨세모근, 큰가슴근, 앞뽕니근, 넓은등근에 전극을 부착하고, 어깨관절 45°, 90° 벌림 자세에서 2kg의 부하와 비부하를 주어 측정한 결과, 먼저 비부하 45°, 부하 45° 어깨관절 벌림 시에 근활성도는 비부하의 경우에는 큰가슴근이 가장 높은 활성화를 보였고 부하의 경우에는 어깨세모근이 가장 높은 활성화가 나타났다. 그리고 비부하 90°, 부하 90° 어깨관절 벌림 시에 근활성도는 비부하 시에

는 어깨세모근이 가장 높은 활성화를 보인 반면에 부하 90°의 경우에는 넓은등근이 가장 높은 활성화가 나타났다.

Ekstrom 등에 의하면 어깨관절의 90° 벌림 각도에서 가장 높은 근활성도를 나타냈다. 저항이 가해졌을 경우 우리의 연구결과와 비슷하게 어깨세모근의 시작이 빠르게 활성화 되는 것을 보였고, 45°의 경우에는 아래 등세모근의 활성도가 가장 크게 나타났다.

이것으로 본 연구 결과와 기존의 선행연구의 결과는 어느 정도 일치성이 있는 것으로 나타났고 45°의 경우에는 큰가슴근의 활성도가 가장 많이 일어난 것으로 결과가 나왔고 선행논문의 경우에는 아래 등세모근의 근활성도가 최고치로 결과가 주어 졌다.

이것은 우리의 연구 방법과 선행되어진 연구방법의 차이와 바라보는 기준점, 그리고 초점이 달랐기 때문에 이런 결과가 나온 것이라 생각 된다.

어깨뼈의 벌림을 하는 동안 등세모근은 어깨관절의 안정성과 기능성을 유지하는데 중요한 역할을 하며 위, 중간, 아래의 세 가지 부분의 근섬유로 나누어지며 또한 등세모근의 세 가지 근 섬유들은 각각 주행방향이 다르므로 그 역할이 서로 다르다. 위 등세모근은 주로 어깨뼈를 상승시키고 목을 펴시키며, 또한 수축하는 방향의 반대방향으로 목을 회전시킨다. 중간 등세모근은 어깨뼈를 들임(retraction)시키고, 어깨뼈가 벌림되어 있고 어깨가 앞으로 돌출된 사람에게 중간 등세모근의 약화가 나타나고, 아래 등세모근은 어깨뼈를 내림(depression), 모음, 돌림과 가슴뼈의 펴, 어깨뼈가 내밌(protraction)될 때 원심성 조절을 하며 아래 등세모근의 근활성도가 정상인보다 낮은 환자에게는 봉우리 밑 충돌증후근이 관찰되었다(Cools 등, 2013; Phadke 등, 2012; Neumann, 2010).

임상현장에서는 이런 기능적 문제들을 해결하기 위한 적합한 운동방법의 적용이 강조되고 있는 반면에 이러한 잠재적 위험성에 대하여 간과하는 경우가 빈번하다. 따라서 임상에서는 어깨관절 근력강화 운동으로써 일반적으로 활용할 수 있는 운동방법을 통하여 어깨관절의 안정성과 이를 유지하기 위해 어깨관절 움직임의

조절에 관여하는 근육에 대한 부가적인 연구의 필요성이 제기된다.

또한 선행연구의 초점은 어깨관절의 벌림과 굽힘 시에 근육의 힘을 초점으로 두었지만, 본 연구는 정상인을 기준으로 어깨관절의 벌림 시 각도(45° , 90°)에 따른 근력의 근활성도와 %MVIC를 측정함으로써 순수하게 사용되는 근활성도를 분석한 것이 다른 점이라 할 수 있다.

어깨관절 벌림 시 각도에 따른 근활성도를 비교 분석함으로써 정상인의 어깨관절에서 벌림 각도에 따라 어느 근육이 얼마나 활성화 되는지를 정확하게 아는 데 그 목적이 있다.

V. 결론

본 연구는 D 대학교의 건강한 남학생 15명을 대상으로 어깨 벌림각도(45° , 90°)에 따라 등세모근(위, 중간, 아래), 가시아래근, 어깨세모근, 큰가슴근, 앞뿔니근, 넓은등근의 근 활성도를 분석하여 다음의 결론을 얻었다.

첫째, 45° 어깨관절 벌림 시에 근활성도는 비부하의 경우 큰가슴근이 가장 높은 활성도가 나타났고, 부하의 경우 어깨세모근이 가장 높은 근 활성도가 나타났다.

둘째, 90° 어깨관절 벌림 시에 근활성도는 비부하의 경우 어깨세모근이 가장 높은 활성도가 나타났고, 부하의 경우 넓은등근이 가장 높은 활성도가 나타났다.

따라서 큰가슴근 평가 자세와 근력강화 훈련을 할 경우 어깨관절 45° 벌림 각도에서 하는 것이 가장 효과적이고, 어깨세모근의 경우 1차적으로 어깨관절 90° 비부하 벌림 상태에서, 2차적으로 45° 부하 벌림 상태에서 하는 것이 가장 효율적인 근력강화가 될 것으로 생각된다.

향후 연구에서는 다양한 각도와 자세에 따른 구체적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고 문헌

문성중. 열린사슬운동 및 닫힌사슬운동에서 상완 굴곡

각도에 따른 앞뿔니근의 근활성도 비교. 한서대학교 대학원. 석사학위 논문. 2010.

이원휘, 하성민, 박규남 등. 견관절 외전 각도에 따른 중간 및 하부 승모근의 근 활성도 비교. 한국전문물리치료학회지. 한국전문물리치료학회. 18(1):47-56, 2011.

정도현, 이원휘, 오재섭. 견관절 외전 각도와 회전 자세에 따른 대흉근 활성도 비교. 한국전문물리치료학회지. 17(1):1-8, 2010.

황재범, 박성현, 박정배 등. Lateral Raises와 Scapulations 운동 시 국면에 따른 견관절 외전근과 견갑골 상방회전근의 활성도 및 피로도 비교. 코칭능력개발지. 제14(2):29-37, 2012.

Almekinders LC. Impingement syndrome. Clin Sports Med. 20(3):491-04, 2001.

Basmajian J, De Luca C. Muscles alive: their functions revealed by electromyography. Baltimore: Williams & Wilkins, 1985.

Cahalan TD, Johnson ME, Chao EY. Shoulder strength analysis using the Cybex II isokinetic dynamometer. Clin Orthop Relat Res. 271:249-57, 1991.

Chowdhury SK, Nimbarte AD, Jaridi M et al. Discrete wavelet transform analysis of surface electromyography for the fatigue assessment of neck and shoulder muscles. J Electromyogr Kinesiol. S1050-6411(13)00112-0, 2013.

Cools AM, Struyf F, DeMey K et al. Rehabilitation of scapular dyskinesis: from the office worker to the elite overhead athlete. Br J Sports Med. Epub ahead of print. 2013.

Dehghan A, Pishgooei N, Salami MA, et al. Comparison between NSAID and intra-articular corticosteroid injection in frozen shoulder of diabetic patients; a randomized clinical trial. 121(2):75-9, 2013.

Degreef I, Debeer P. Post-vaccination frozen

- shoulder syndrome. Report of 3 cases. *Acta Chir Belg.* 112(6):447-9, 2012.
- Doody SG, Freedman L, Waterland JC. Shoulder movements during abduction in the scapular plane. *Arch Phys Med Rehabil.* 51(10):595-604, 1970.
- Ekstrom RA, Bifulco KM, Lopau CJ et al. Comparing the function of the upper and lower parts of the serratus anterior muscle using surface electromyography. *J Orthop Sports Phys Ther.* 34(5):235-43, 2004.
- Gerling ME, Brown SH. Architectural analysis and predicted functional capability of the human latissimus dorsi muscle. *J Anat.* 223(2):112-22, 2013.
- Greenfield B, Catlin PA, Coats PW et al. Posture in patients with shoulder overuse injuries and healthy individuals. *J Orthop Sports Phys Ther.* 21(5):287-95, 1995.
- Hides JA, Richardson CA, Jull GA. Multifidus muscle recovery is not autonomic after resolution of acute, first-episode low back pain. *Spine.* 21(23):2763~769, 1996.
- Hughes PC, Green RA, Taylor NF. Isolation of infraspinatus in clinical test positions. *J Sci Med Sport.* Epub ahead of print, 2013.
- Kibler WB, McMullen J. Scapular dyskinesis and its relation to shoulder pain. 11(2):142-51, 2003.
- Koester MC, George MS, Kuhn JE et al. Shoulder impingement syndrome. *The American Journal of Medicine.* 452-455, 2005.
- Lubis AM, Lubis VK. Matrix metalloproteinase, tissue inhibitor of metalloproteinase and transforming growth factor-beta 1 in frozen shoulder, and their changes as response to intensive stretching and supervised neglect exercise. 18(4):519-27, 2013.
- 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.* Mar;32(2):484-93, 2004.
- McMaster WC, Troup J. A survey of interfering shoulder pain in United States competitive swimmers. *Am J Sports Med.* 21(1):67-70, 1993.
- Moser T, Lecours J, Michaud J et al. The deltoid, a forgotten muscle of the shoulder. *Skeletal Radiol.* 42(10):1361-75, 2013.
- Ninos JC, Irrgang JJ, Burdett R et al. Electromyographic analysis of the squat performed in self-selected lower extremity neutral rotation and 30 degrees of lower extremity turn-out from the self-selected neutral position. 25(5):307-15, 1997.
- Park KM, Cynn HS, Yi CH et al. Effect of isometric horizontal abduction on pectoralis major and serratus anterior EMG activity during three exercises in subjects with scapular winging. 23(2):462-8, 2013.
- Phadke V, Ludewig PM. Study of the scapular muscle latency and deactivation time in people with and without shoulder impingement. 23(2):469-75, 2013.
- TD Bunker, Anthony PP. The pathology of frozen shoulder. A Dupuytren-like disease. 77(5):677-83, 1995.
- Whitcomb LJ, Kelley MJ, Leiper CI. A comparison of torque production during dynamic strength testing of shoulder abduction in the coronal plane and the plane of the scapula. *J Orthop Sports Phys Ther.* 21(4):227-32, 1995.

Neumann D. Kinesiology of the Musculo-skeletal System : Foundation for physical rehabilitation, St. Louis, Mosby, 2002.

Sharmann S. Diagnosis and Treatment of Movement Impairment Syndormes, St.Louis, Mosby, 2002.