

엎드린 자세에서 어깨관절별림 각도 변화에 따른 어깨가슴관절 근육들의 근활성도 비교

박희용¹ · 차현규^{2*}

¹중부대학교 물리치료학과 학생, ^{2*}중부대학교 물리치료학과 교수

Comparison of Muscle Activity around the Scapulothoracic Muscles According to the Angle of Shoulder Joint Abduction in the Prone Position

Park Heeyong, PT, MS¹ · Cha Hyungyu, PT, Ph.D^{2*}

¹Dept. of Physical Therapy, Joongbu University, Student

^{2*}Dept. of Physical Therapy, Joongbu University, Professor

Abstract

Purpose : The purpose of this study was to investigate the activity of muscles around the scapulothoracic muscles according to the angle of shoulder joint abduction in the prone position.

Methods : The participants included 15 adult males who had not undergone orthopedic surgery and did not have shoulder joint impairments. We measured the muscle activity of the upper trapezius, middle trapezius, lower trapezius, and serratus anterior at 120 °, 90 °, and 60 ° shoulder joint abduction angles.

Results : There was a significant difference in the comparison of muscle activity in the upper trapezius, middle trapezius, and serratus anterior muscles according to the shoulder joint abduction angle ($p < .05$). The results of the post test showed that the upper trapezius was significantly different between 120 ° and 60 ° ($p < .01$), and the middle trapezius was significantly different between 90 ° and 120 °, and between 90 ° and 60 ° ($p < .05$). There was a significant difference in the serratus anterior between 120 ° and 90 ° ($p < .01$), and 120 ° and 60 ° ($p < .01$).

Conclusion : The results of this study could be used to determine an effective shoulder joint abduction angle to reduce muscle activity of the upper trapezius and increase muscle activity of the middle trapezius, lower trapezius, and serratus anterior.

Key Words : EMG, lower trapezius, scapulothoracic joint, shoulder angle, upper trapezius

*교신저자 : 차현규, guychk@naver.com

I. 서론

어깨관절의 근육들은 몸쪽 안정성과 먼쪽 가동성을 위한 중요한 역할을 수행한다. 몸쪽 안정성 근육에는 앞톱니근과 등세모근이 있으며, 먼쪽 가동성을 위한 근육에는 어깨 세모근과 위팔 두갈래근 등이 있다. 어깨가슴관절 근육들은 어깨관절의 안정성을 위하여 효율적인 근 길이-장력 관계를 유지하고 적절한 상호작용을 통해 어깨를 움직일 수 있게 해준다(Kisner & Colby, 2012; Neumann, 2010). 팔을 들어 올리는 동작에서 필수적인 요소는 어깨뼈의 위쪽돌림이다. 위쪽돌림을 일으키는 1차적 근육에는 앞톱니근, 위등세모근, 아래등세모근이 있으며, 어깨관절 굽힘 또는 벌림을 하는데 안정적인 역할을 수행한다(Lear & Gross, 1998; Neumann, 2010).

위·중간·아래등세모근 중 하나의 근육이라도 기능장애 또는 약화가 발생되면 근 불균형에 의하여 지구력이 감소되며, 등세모근과 앞톱니근의 짝힘동작에 문제가 발생되어 비정상적인 어깨위팔 리듬을 초래한다(Ebaugh & Spinelli, 2010; Moseley 등, 1992).

중간등세모근과 아래등세모근 근육의 움직임이 비정상적이거나 근육 간에 불균형이 일어나면 어깨관절 충돌증후군이 발생되어 통증을 유발 시킬 수 있다(De Mey 등, 2009). 위등세모근의 과사용은 아래등세모근과 앞톱니근의 조절 능력을 감소시켜 어깨관절을 움직이는 동안 어깨뼈에서 비정상적 움직임을 발생시킨다(Cools 등, 2004; Ebaugh & Spinelli, 2010). 또한 장기간의 컴퓨터 작업 및 운전, 무거운 물건을 들고 있을 때 손목 및 손가락에 통증이 발생되고, 파악력이 약해진다(Cools 등, 2007; Johnson 등, 1994; Pizzari 등, 2014).

중간등세모근과 아래등세모근은 어깨가슴관절을 안정화 시키는 중요한 근육이며, 이를 강화시키기 위한 중재방법이 필요하다. Bagg와 Forrest(1986)의 연구에서 어깨관절 벌림 각도가 증가하는 동안 위등세모근과 앞톱니근의 근활성도가 점진적으로 증가되었다. Kim과 Lee(2016)는 어깨관절 벌림 각도 75°에서 160° 사이에 중간등세모근이 증가된다고 하였으며, Lee 등(2011)은 어깨관절 벌림 각도 90°에서 근활성도가 증가되다가 90° 이상에서는 점차 감소된다고 하였다. 또 다른 선행

연구결과에서 어깨관절 벌림 각도 90° 이하에서 아래등세모근의 근활성도가 감소되며, 90°에서 180° 사이에서 근활성도가 증가된다고 하였다(Bagg & Forrest, 1986; Ekstrom 등, 2003; Hardwick 등, 2006; Smith 등, 2006). 아래등세모근을 활성화시키기 위해서는 엎드린 자세에서 어깨관절 벌림 125°가 효과적이라고 하였으며(Kendall 등, 1993; Tucker 등 2010), Kinney 등(2008)은 어깨관절 벌림 90°에서 근활성도가 증가되었다고 보고하였다.

어깨가슴관절 안정성을 강화시키고, 등세모근 내 불균형을 감소시키기 위하여 등세모근과 앞톱니근의 선택적 근력강화 운동은 근 수행능력을 향상시키는데 긍정적인 도움을 줄 수 있다(Cools 등, 2007; Kinney 등, 2008). 최근 등세모근과 앞톱니근을 활성화시키기 위해서 어깨관절 벌림 각도에 관한 다양한 연구가 시행되었으나 연구결과가 상이하게 나타났다. 이는 어깨관절 벌림 각도에 따른 등세모근과 앞톱니근의 근활성도의 결과가 명확하지 않다는 것을 의미한다. 선 자세에서 어깨관절 벌림을 시행하면 목과 몸통이 어깨쪽으로 기울이게 되어 정확한 어깨관절 벌림 각도를 설정할 수 없다. 따라서 본 연구에서 몸통의 움직임을 고정시키고 어깨관절을 안정화시켜 벌림 각도의 오류를 감소시키기 위하여 엎드린 자세에서 어깨가슴관절 근활성도를 측정하였다(Lee 등, 2011; Kim & Lee, 2016). 본 연구의 목적은 엎드린 자세에서 어깨관절 벌림 각도에 따른 등세모근과 앞톱니근의 근활성도를 알아보고자 시행되었다.

II. 연구방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 헬싱키 선언의 윤리적 원칙에 따라 목적과 방법에 대한 충분한 설명을 들었으며, 건강한 성인 남성 15명이 자발적으로 참여하였다. 연구 대상자 선정과정에서 성인 남자를 선택한 이유는 결과 값에 대한 편향을 최소화 하기 위해서이다. 이는 연구결과 분석 시 혼란을 줄 수 있는 변수를 제외하고 동일한 특성을

가진 대상자를 포함시켜 오류를 감소시킬 수 있다(Park, 2014). 대상자의 선정기준은 다음과 같다. 첫째, 어깨관절에 정형 외과적 수술이나 병변이 없는 자, 둘째, 어깨관절에 제한이나 통증이 없는 자로 하였다. 검사 순서는 무작위로 실시하였으며, 실험 중 2명은 어깨관절 통증을 호소하여 제외시켰다. 따라서 대상자는 총 13명을 대상

으로 하였으며, 신체적 특성은 Table 1에 제시한 바와 같다. 대상자 수 산출을 위한 G-power 프로그램 분석 결과 연구파워(power of study): $1-\beta = 0.95$, 효과크기(effect size): $d=0.17$, 유의수준 (significance level): $\alpha < 0.05$ 로 총 15명의 대상자가 산출되었다.

Table 1. General characteristics of subjects

(n=13)

Variables	Mean±SD (min~max)
Age (year)	24.23±6.58 (20~45)
Height (cm)	172.46±4.46 (165~177)
Weight (kg)	70.84±9.29 (60~84)

2. 평가 도구 및 방법

근전도 검사를 위해 표면근전도(TeleMyo 2400T EMG, Noraxon, USA)를 이용하여 측정하였다. 근전도 신호는 근전도 소프트웨어(Master edition 1.06, Noraxon, USA)를 이용하여 분석하였다. 근전도 신호의 표본 추출률(sampling rate)은 1024 Hz로 하였으며 잡음을 최소화하기 위해 원신호는 대역 여과 필터(notch filter) 60 Hz, 그리고 30~500 Hz의 대역통과 필터(bandpass filter)를 사용

하여 여과하였다. 또한 근전도 신호를 RMS(root mean square)값으로 계산하여 분석하였다. 먼저 피부 저항을 감소시키기 위하여 알콜 솜으로 피부 부위를 닦은 후 전극을 부착하였다. 전극 부착부위는 위등세모근, 중간등세모근, 아래등세모근, 앞톱니근에 부착하였다. 각 측정 근육의 전극 부착부위는 Table 2에 제시하였다(Michener 등, 2005). RMS 값은 수집된 5초간의 신호 중 처음과 마지막 1초를 제외한 가운데 3초의 값을 사용하였고, 3회 측정된 값의 평균을 이용하였다.

Table 2. Electrode location

Muscle	Electrode location
Upper Trapezius (UT)	at 50 % on the line from the acromion to the spine on vertebra C7
Middle Trapezius (MT)	at 50 % between the medial border of the scapula and the spine, at the level of T3
Lower Trapezius (LT)	at 2/3 on the line from the trigonum spinae to the 8th thoracic vertebra
Serratus Anterior (SA)	between 5-6th ribs and anterior axillary, parallel to the muscle fibers

3. 연구 절차

대상자는 어깨관절 벌림 각도에 따른 근 활성화 측정을 위해 치료용 테이블 위에 엎드린 자세를 취하였다. 어깨관절 벌림 각도는 관절 측정 각도계를 사용하여 어깨뼈 봉우리돌기 위치를 기준으로 120°, 90°, 60° 지점에 연결선을 바닥에 표시하였다. 또한 등세모근과 앞톱

니근에 저항을 주기 위해서 1.5kg 아령을 쥐고 어깨관절을 벌림 하도록 하였다. 검사자는 대상자가 어깨관절 벌림 시 목 가쪽 굽힘, 어깨관절 안쪽돌림, 팔꿈관절 굽힘이 일어나지 않도록 구두지시 하였다. 근 피로도를 방지하기 위해서 측정 간 3분 동안 휴식을 제공하였으며, 학습효과를 감소시키기 위해서 어깨관절 벌림 각도 순서는 무작위로 시행하였다.

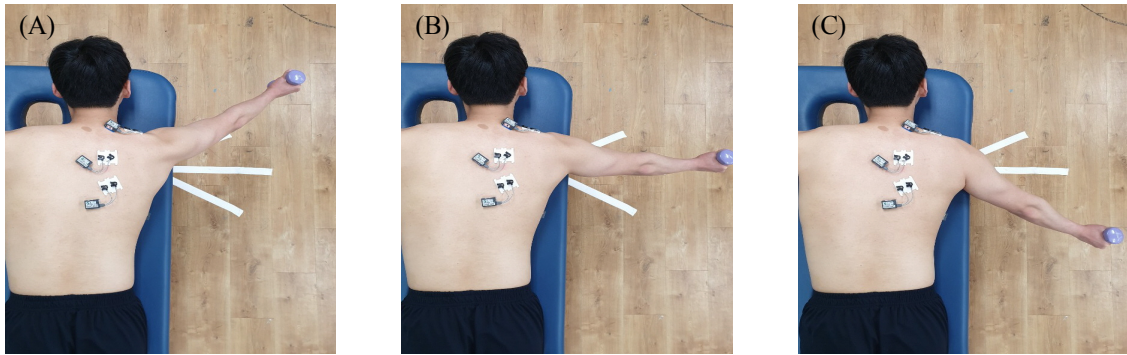


Fig 1. Measurements for muscle activity of UT, MT, LT, SA in prone position (A: 120 ° , B: 90 ° , C: 60 °)
Abbreviation; UT: upper trapezius, MT: middle trapezius, LT: lower trapezius, SA: serratus anterior

4. 분석 방법

본 연구에서 각 측정 항목에 대한 정규성 검정을 위해 샤피로 위크(Shapiro-Wilk)를 실시한 결과 정규 분포하는 것으로 나타났다. 또한 어깨관절 벌림 각도에 따른 어깨 가슴관절 근육들의 근활성도를 비교하기 위하여 개체 간 요인이 있는 반복측정 분산분석(2×2)을 사용하였으며, 사후 분석 방법으로는 본페로니 검정을 실시하였다. 또한 통계적 유의성을 검정하기 위해 유의수준은 .05로 정하였고 수집된 자료는 상용 통계 프로그램인 윈도우용 SPSS version 18.0을 이용하여 분석 하였다.

Ⅲ. 연구결과

어깨관절 벌림 각도 변화에 따른 어깨가슴관절 근 활성도 차이 비교에서 위등세모근, 중간등세모근, 앞톱니근이 유의한 차이가 있었다(p<.05). 사후검정 결과, 위등세모근은 120 °보다 60 °에서 유의한 감소가 있었으며 (p<.01), 중간등세모근은 120 °보다 90 °에서, 60 °보다 90 °에서 유의한 증가가 있었다(p<.05). 또한 앞톱니근은 90 °보다 120 °에서(p<.01), 60 °보다 120 °에서(p<.01) 통계적으로 유의한 증가가 있었다(Table 3).

Table 3. A comparison of EMG activity for ST joint muscles according to shoulder abduction angles Unit : (%)

	120°	90°	60°	F	p
UT	46.91±26.79 ^a	36.34±21.85	16.72±5.38	7.47	0.01*
MT	52.18±31.04	60.8±51.33	43.29±18.82	0.73	0.04*
LT	58.13±37.09	58.16±46.48	49.85±26.52	0.21	0.81
SA	25.84±30.47	4.7±3.39	5.53±2.47	5.90	0.01*

^amean±S.D, *p<.05, UT; upper trapezius, MT; middle trapezius, LT; lower trapezius, SA; serratus anterior

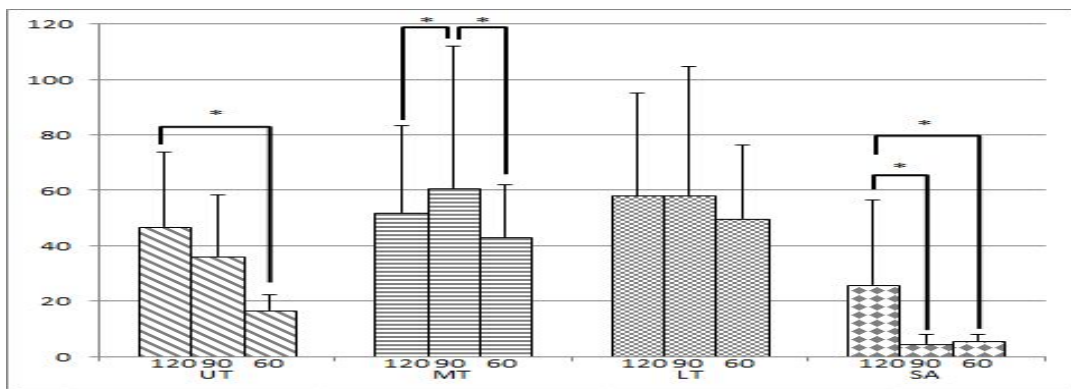


Fig 2. A comparison of EMG activity graph for ST joint muscles according to shoulder abduction angles

IV. 고 찰

본 연구는 엎드린 자세에서 어깨관절 벌림 각도 120°, 90°, 60°에 따른 위·중간·아래등세모근과 앞톱니근의 근 활성도를 측정하였다. 본 연구결과에서 위등세모근과 앞톱니근은 어깨관절 벌림 각도가 증가할수록 근 활성도가 증가하였으며, 특히 120°에서 가장 높은 근 활성도를 보였다. 또한 중간등세모근은 90°에서 가장 높은 근 활성도를 보였으며, 아래등세모근은 각도 간 근 활성도의 차이는 없었다.

앞톱니근은 첫째에서 여덟째 갈비뼈의 가쪽면에서 시작하여 어깨뼈의 안쪽모서리에 닿아 어깨뼈의 내면 작용을 하며, 위등세모근은 어깨관절 벌림 각도가 증가할수록 어깨뼈의 위쪽 돌림을 증가시킨다. 또한 중간등세모근과 아래등세모근의 근 수축 시 어깨뼈 뒤당김 작용을 일으킨다(Neumann, 2010).

선행 연구결과에서 어깨관절 벌림 각도가 증가되면 위등세모근과 앞톱니근이 점진적으로 근 활성도가 증가된다고 보고하였다(Bagg & Forrest, 1986). 본 연구결과 선행연구와 유사한 결과를 보였다. 어깨관절 벌림 120°에서 위등세모근과 앞톱니근은 근활성도가 증가된 이유는 어깨관절 벌림 각도가 증가할수록 어깨위팔 리듬에 의하여 어깨뼈가 위쪽돌림되어 위등세모근과 앞톱니근의 움직임이 증가된 것으로 생각된다. 위등세모근과 아래등세모근, 앞톱니근은 어깨뼈를 위쪽돌림시키기 위한 짝힘동작을 형성하며, 위팔뼈가 벌림 할 때 짝힘 동작은 같은 돌림운동 방향으로 어깨뼈를 돌림 시킨다. 이러한 짝힘 동작 역학은 3개 근육의 힘이 각각 동시에 작용할 때 나타난다(Ebaugh 등, 2005; Ekstrom 등, 2003; Neumann, 2010). 위등세모근은 벌림 초기에 빗장뼈를 올림 시키고, 벌림 후기에 아래등세모근의 아래쪽 당김에 의해 더 이상 올라가지 않고 균형을 잡아주는 역할을 한다. 따라서 어깨관절 벌림 각도가 증가할수록 어깨뼈 위쪽돌림 시 균형된 짝힘을 만들기 위하여 위등세모근이 활성도가 증가된 것으로 사료된다(Neumann, 2010).

어깨관절 벌림 각도에 따른 중간등세모근의 근 활성도 선행연구에서 어깨관절 벌림 각도가 증가할수록 근 활성도가 증가한다고 하였고, 또 다른 연구에선 90°가

가장 높은 근 활성도를 보인다고 보고하였다(Kim & Lee, 2016; Lee 등, 2011). 본 연구결과에서 중간등세모근의 근 활성도는 90° 어깨관절 벌림 각도에서 가장 높은 근 활성도를 보였다. 중간등세모근이 90°에서 가장 근 활성도가 증가 되는 이유는 지레팔의 길이가 최대로 길어지기 때문에 가장 높은 근 활성도를 보인 것으로 사료된다(Wise 등, 2004).

Kinney 등(2008)은 선행 연구결과에서, 아래등세모근은 90° 어깨관절 벌림 각도에서 근 활성도가 가장 증가된다고 보고하였다. 또한 Ballantyne 등(1993)은 90° 어깨관절 벌림과 동시에 바깥돌림은 어깨뼈 내림을 유지시켜 아래등세모근의 근 활성도가 증가된다고 보고하였다. Ekstrom 등(2003)은 어깨관절 벌림 125°에서 근 활성도가 가장 높게 나타난다고 보고 하였으며, 또 다른 선행연구에서도 어깨관절 벌림 각도가 증가할수록 근 활성도가 증가된다고 하였다(Ekstrom 등, 2003; Kim & Lee, 2016; Lee 등, 2011). 그러나 본 연구결과에서는 어깨관절 벌림 각도 간에 유의한 차이가 없었다. 그 이유는 어깨관절 벌림 각도 간에 큰 차이가 없고, 90°에서 측정한 결과에서는 아래등세모근 보다는 중간등세모근의 근 활성도를 증가시켜 상대적으로 아래등세모근의 활성도를 증가 시키지 못했다.

어깨 손상 환자들은 어깨관절 불안정성, 통증 및 관절 가동범위 제한, 비정상적인 어깨위팔 리듬, 위등세모근의 과사용 등 다양한 원인으로 인하여 어깨의 안정성이 감소된다(Kamkar 등, 1993; Kibler, 1998). 등세모근, 앞톱니근 섬유 손상은 근약화, 근길이 단축, 근력 불균형, 어깨관절 통증, 어깨뼈 안정성 약화, 어깨뼈 들림 등이 발생된다(Bentman 등, 2010). 따라서 본 연구는 어깨가슴관절 근육들의 손상을 가진 대상자의 선택적 등세모근 및 앞톱니근을 강화시키는데 긍정적인 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구의 제한점은 첫째, 정상 성인 남자만 측정하였기 때문에 모든 어깨관절 불안정성 환자들에게 일반화할 수 없다. 둘째, 대상자 수가 적었으며, 셋째, 어깨관절 벌림 120°, 90°, 60°에서만 이루어져 이외의 각도에 따른 근 활성도를 관찰하지 못하였다. 향후에는 어깨관절 환자를 대상으로 대상자의 수를 늘리고, 다양한 각도에서 어깨가슴관절 근육의 근 활성도를 관찰하여 임상적

인 제시를 할 수 있는 향후 연구가 필요하다.

V. 결론

본 연구는 엎드린 자세에서 어깨관절 벌림 120°, 90°, 60°에 따른 어깨가슴관절 근육들의 근 활성도를 관찰하였다. 본 연구결과, 위등세모근의 근 활성도를 감소시키기 위해서 60°, 중간등세모근의 근 활성도를 증가시키기 위해서 90°, 앞톱니근의 근활성도를 증가시키기 위해서 120°를 고려하여 임상에 적용할 것을 추천한다. 따라서 본 연구결과를 기초로 어깨관절의 안정성을 증진시키기 위하여 위등세모근의 근 활성도는 감소시키고 중간 및 아래등세모근을 강화시키는 중재방법을 선택적으로 사용할 수 있을 것이다.

참고문헌

Bagg SD, Forrest WJ(1986). Electromyographic study of the scapular rotators during arm abduction in the scapular plane. *Am J Phys Med*, 65(3), 111-124.

Ballantyne BT, O'Hare SJ, Paschall JL, et al(1993). Electromyographic activity of selected shoulder muscles in commonly used therapeutic exercises. *Phys Ther*, 73(10), 677-682.

Bentman S, O'Sullivan C, Stokes M(2010). Thickness of the middle trapezius muscle measured by rehabilitative ultrasound imaging: Description of the technique and reliability study. *Clin Physiol Funct Imaging*, 30(6), 426-431.

Cools AM, Dewitte V, Lanszweert F, et al(2007). Rehabilitation of scapular muscle balance: which exercises to prescribe?. *Am J Sports Med*, 35(10), 1744-1751.

Cools AM, Witvrouw EE, Declercq GA, et al(2004). 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*, 38(1), 64-68.

De Mey K, Cagnie B, Danneels LA, et al(2009). Trapezius muscle timing during selected shoulder rehabilitation exercises. *J Orthop Sports Phys Ther*, 39(10), 743-752.

Ebaugh DD, McClure PW, Karduna AR(2005). Three-dimensional scapulothoracic motion during active and passive arm elevation. *Clin Biomech(Bristol, Avon)*, 20(7), 700-709.

Ebaugh DD, Spinelli BA(2010). Scapulothoracic motion and muscle activity during the raising and lowering phases of an overhead reaching task. *J Electromyogr Kinesiol*, 20(2), 199-205.

Ekstrom RA, Donatelli RA, Soderberg GL(2003). Surface electromyographic analysis of exercises for the trapezius and serratus anterior muscles. *J Orthop Sports Phys Ther*, 33(5), 247-258.

Hardwick DH, Beebe JA, McDonnell MK, et al(2006). A comparison of serratus anterior muscle activation during a wall slide exercise and other traditional exercises. *J Orthop Sports Phys Ther*, 36(12), 903-910.

Johnson G, Bogduk N, Nowitzke A, et al(1994). Anatomy and actions of the trapezius muscle. *Clin Biomech(Bristol, Avon)*, 9(1), 44-50.

Kamkar A, Irrgang JJ, Whitney SL(1993). Nonoperative management of secondary shoulder impingement syndrome. *J Orthop Sports Phys Ther*, 17(5), 212-224.

Kendall FP, McCreary EK, Provance PG, et al(1993). *Muscles testing and function with posture and pain*. 4th ed, Baltimore, Lippincott Williams & Wilkins, pp.329-331.

Kibler WB(1998). The role of the scapula in athletic shoulder function. *Am J Sports Med*, 26(2), 325-337.

Kim BK, Lee MH(2016). A comparison of EMG activity for the middle and lower trapezius muscle in the frontal and scapular plane according to shoulder abduction angles. *PNF and Movement*, 14(2), 131-137.

Kinney E, Wusthoff J, Zyck A, et al(2008). Activation of

- the trapezius muscle during varied forms of Kendall exercises. *Phys Ther Sport*, 9(1), 3-8.
- Kisner C, Colby LA(2012). *Therapeutic exercise: Foundations and techniques*. 6th ed, Philadelphia, FA Davis Company, pp.566-567.
- Lear LJ, Gross MT(1998). An electromyographical analysis of the scapular stabilizing synergists during a push-up progression. *J Orthop Sports Phys Ther*, 28(3), 146-157.
- Lee WH, Ha SM, Park KN, et al(2011). A comparison of emg activity for middle and lower trapezius muscle according to shoulder abduction angles. *Korean Res Soc Phys Ther*, 18(1), 47-56.
- Michener LA, Boardman ND, Pidcoe PE, et al(2005). Scapular muscle tests in subjects with shoulder pain and functional loss: reliability and construct validity. *Phys Ther*, 85(11), 1128-1138.
- Moseley JB Jr, Jobe FW, Pink M, et al(1992). EMG analysis of the scapular muscles during a shoulder rehabilitation program. *Am J Sports Med*, 20(2), 128-134.
- Neumann DA(2010). *Kinesiology of the musculoskeletal system foundations for rehabilitation*. 2nd ed, St. Louis, Mosby/Elsevier, pp.156-162.
- Park JH(2014). *Fundamentals of research methodology*. 1st ed, Woilmedia, Beommun Education, pp.47-50.
- Pizzari T, Wickham J, Balster S, et al(2014). Modifying a shrug exercise can facilitate the upward rotator muscles of the scapula. *Clin Biomech(Bristol, Avon)*, 29(2), 201-205.
- Smith J, Dahm DL, Kaufman KR, et al(2006). Electromyographic activity in the immobilized shoulder girdle musculature during scapulothoracic exercises. *Arch Phys Med Rehabil*, 87(7), 923-927.
- Tucker WS, Armstrong CW, Gribble PA, et al(2010). Scapular muscle activity in overhead athletes with symptoms of secondary shoulder impingement during closed chain exercises. *Arch Phys Med Rehabil*, 91(4), 550-556.
- Wise MB, Uhl TL, Mattacola CG, et al(2004). The effect of limb support on muscle activation during shoulder exercises. *J Shoulder Elbow Surg*, 13(6), 614-620.