

네발기기 자세에서 어깨뼈 내뺌 운동시 다리들기에 따른 앞톱니근과 위등세모근의 근활성도 비교

김희곤, 황병준¹⁾, 김종우²⁾

M&B 운동센터, 계림체형운동센터¹⁾, 대구박병원²⁾

Comparison of Muscle Activities Serratus Anterior and Upper Trapezius Muscle During Scapular Protraction in Quadruped Position at Legs Difference

Hee-gon Kim, Byeong-jun Hwang¹⁾, Jong-woo Kim²⁾

M&B Exercise Center

Kye-Lim Body Type Correction Exercise Center¹⁾

Physical Therapy Center, Park Hospital²⁾

Key Words:

Quadruped position, Serratus anterior muscle Activities, winging scapular

ABSTRACT

Background: This study was conducted to investigate the effect of leg lift difference on the serratus anterior muscle and the upper trapezius muscle when a subject with winged scapula performs a scapula protraction exercise in a four-leg crawling posture. **Method:** Twenty normal adults and 20 subjects with winged scapula participated in the experiment. Surface EMG recordings were collected from serratus anterior muscle and back trapezius muscle during scapula protraction exercises. Scapular winging is measured with the lifting distance of scapula retraction to the back using an electronic digital caliper. In two groups of four-leg crawling posture, the two legs support, the dominant leg lifting, and the non-dominant leg lifting, including the scapula protraction, were performed. To examine the difference between groups in the variance analysis, the Bonferroni correction was used (significance level $\alpha=.017$). Statistical significance level α was .05. **Results:** There was a significant difference in serratus anterior muscle and upper trapezius muscle during push-up plus exercise in leg lifting in four-leg crawling posture, but there were no significant differences in muscle activity between serratus anterior muscle and upper trapezius muscle, and there was no significant difference according to the presence or absence of scapular winging. **Conclusion:** For the shoulder stability of the ipsilateral side with the serratus anterior muscle, the leg-lifting posture is effective in the four-leg crawling, and also when a subject with winged scapula chooses an exercise, lifting the ipsilateral side of leg with scapula protraction exercises at the same time may have a positive effect on scapula dysfunction.

I. 서론

일반적으로 허리, 무릎, 목 다음으로 가장 흔한 근골격계 통증이 어깨이다(Costic 등, 2003). 어깨뼈는 정렬 손상으로 인해 심한 압박과 스트레스를 받으며 근육, 관절 및 인대를 손상시켜 통증을 유발한다(Kim와 Lee, 2015). 근육 불균형은 작용근과 대항근의 비정상적인

단축과 이완으로 발생된다. 또한 근육 불균형은 신체 기능과 신체 조직의 구조적 변화를 일으킨다(Norris 와 Matthews, 2008). 특히, 아래등세모근과 앞톱니근의 조절 감소와 더불어 위등세모근의 과한 근육활성은 어깨뼈의 비정상적인 운동에 영향을 미친다(Santos 등, 2007). 또한 많은 문헌에서 익상 견갑골을 가진 환자에게 상부 승모근의 과활동성과 하부 승모근 및 전거근의 낮아진 조절이 함께 작용하여 목 및 어깨 통증을 유발한다고 보고된다(Juul-Kristensen 등, 2011).

어깨뼈의 변화된 근활성도 즉, 위등세모근의 증가된 활동성과 앞톱니근의 감소된 활동성은 익상 어깨뼈가

교신저자: 황병준(계림체형운동센터, grandjun@hanmail.net)
논문접수일: 2019.03.28, 논문수정일:2019.05.02,
게재확정일: 2019.06.14.

있는 환자들의 특징이다(Andersen 등, 2014).

앞뿔니근과 아래등세모근을 선택적으로 활성화시키기 위해 많은 운동들이 연구되고 있다. 상지의 닫힌 사슬운동인 Push-up의 마지막 끝지점에서 어깨뼈를 최대한 내밀하는 운동인 Push-up plus 운동은 앞뿔니근의 강화에 주로 많이 이용한다(Decker 등, 2003). 상지의 닫힌 사슬운동은 어깨뼈 안정화를 위한 다양한 협력근을 동원하는데 아주 효과적인 운동이라고 하였다(Ellenbecker와 Davies, 2001). Press-up과 Push-up plus는 위등세모근의 낮은 활성도를 일으키며 앞뿔니근과 아래등세모근 활성화에 아주 적절한 운동으로 추천한다(Andersen 등, 2014). 또한 최근 연구 역시 앞뿔니근육의 활성화를 위해 Push-up plus 운동은 아주 효과적이라는 선행연구들이 다수 있다(San Juan 등, 2015; De Mey 등, 2014).

수정된 자세의 Push-up plus에 대한 연구 또한 활발히 진행되고 있다. 수정된 Push-up plus 운동은 무릎을 이용한 Push-up plus(knee push-up plus), 전완을 이용한 Push-up plus(elbow push-up plus), 벽을 이용한 Push-up plus(wall push-up plus)가 많이 사용되고 있으며, 이렇게 변화된 운동은 체중지지의 양을 조절하여 적절한 재활 운동 프로그램을 적용하기 위하여 연구되고 있다(Ludewig 등, 2004).

최근 연구에서 어깨관절 재활에 있어 운동 사슬 접근법이 대두되고 있으며, 이에 따른 어깨뼈는 다른 신체 분절과 연결성을 가지고 있으며(McMullen와 Uhl, 2000). 어깨뼈 안정화는 골반, 몸통, 상지를 연결하는 운동 사슬을 이루고 있다(Wilke 등, 2015). 또한 네발기기 자세에서 하지 펌 시 엉덩근을 수축하여 등허리근막을 긴장하게 하고 그 힘이 반대편 어깨뼈로 전달된다고 보고하였다(김정빈, 2011; Porterfield와 De Rosa, 2003). Maenhout 등(2009)의 연구에서는 Push-up plus를 네발기기 자세에서 동측 다리를 들었을 때 앞뿔니근의 근활성도가 가장 높게 나타났다고 보고하고 있다. 이는 근막 연결성에 의해 등허리근막의 팽팽함이 가쪽배빗근으로 전달되고 이러한 힘이 앞뿔니근육에 전달되어 위와 같은 결과를 얻었다고 보고하였다(Maenhout 등, 2009; Myers, 2009).

최근 연구에서 건강한 성인을 대상으로 한 연구는 많지만 의상과 같은 기능부전을 가진 대상자에게 대한 연구 역시 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 의상 어깨뼈 유무에 따른 네발기기 자세에서 어깨뼈 내밀 운동과 동시에 다리 들기 유무에 따른 앞뿔니근과 위등세모근의 근활성도에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 2015년 12월 D광역시 P병원에서 실험군(의상 어깨뼈 증상이 있는 남, 여 20명), 대조군(의상 어깨뼈 증상을 보이지 않으며 어깨통증 및 근골격계질환이 없는 건강한 성인 남, 여 20명)을 대상으로 진행하였다.

실험그룹의 대상자 선정조건은 다음과 같다.

1) 앉은 자세에서 양쪽 어깨뼈 안쪽모서리가 1.5cm 이상 들리는 자, 2) 엎드린 자세에서 양쪽 어깨뼈 안쪽모서리가 3cm 이상 들리는 자, 3) 최근 6개월 이내에 앞뿔니근의 강화 운동을 하지 않은 자(Weon 등, 2011)

본 실험의 모든 대상자들은 연구의 목적과 방법에 대한 충분한 설명을 들은 후 자발적으로 실험 참여동의 후 실시 하였다.

2. 실험방법

대상자들은 20명씩 대조군(정상)과 실험군(의상 어깨뼈)으로 선정하였으며, 의상 어깨뼈 유무에 따라 네발지지, 우세측 다리 한쪽 들기, 비우세측 다리 한쪽 들기에서 어깨뼈 내밀을 포함시킨 운동을 실시하였다.

시작자세는 어깨관절, 엉덩관절, 무릎관절을 굴곡시킨 상태에서 팔과 다리를 어깨넓이로 벌린 자세에서 실시하였고, 운동 시 팔과 1. 두 무릎 2. 우세측 다리 들기 3. 비우세측 다리 들기로 어깨뼈 내밀을 실시하였다. 들어 올린 다리와 머리, 몸통, 엉덩이와 같은 선상이 놓이도록 하였다(Stevens 등, 2007b).

3가지의 지지면 운동은 무작위로 배치하였으며, 예비 연습을 3회 실시하였고, '시작'이라는 말로 10초 유지하도록 하였고, 반복은 3측정하였으며, 각 운동 후 2분간 휴식을 취하였다(Ludewig 등, 2004)(Figure 1).

3. 측정방법 및 장비

1) 의상 어깨뼈 거리 측정

의상 어깨뼈는 전자 디지털 지름자(electronic digital caliper, RUBEDER, USA)로 등뼈 가시돌기와 같은

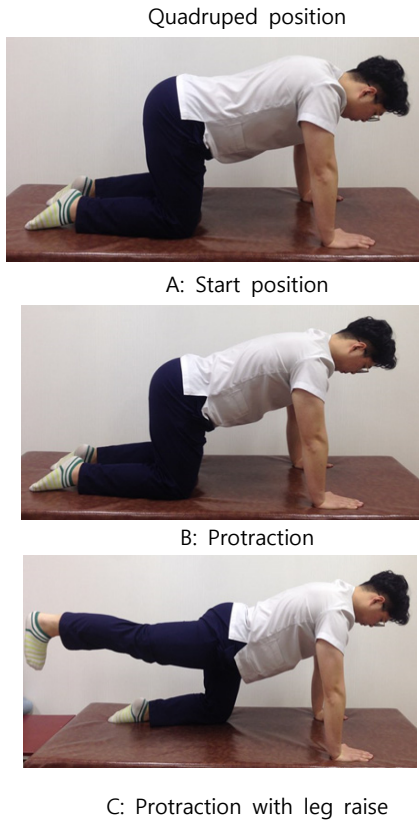


Figure 1. Push-up plus exercise

위치에 있는 어깨뼈의 아래각과의 거리를 측정하였다. 앉은 자세와 네발기기 자세에서 등뼈 가시돌기와 아래각과의 거리가 각 1.5cm, 3cm이거나 또는 더 먼 경우를 익상 어깨뼈로 하였다(Weon 등, 2011)(Figure 2).



Figure 2. Measured Winging distance. A: Sitting position B: Quadrupedal position

2) 근전도 측정

네발기기 자세에서의 어깨뼈 내미를 한 상태에서 각 동작 마지막자세에서만 측정하였다. 근육 피로를 감안하여 각 운동 후 2분간 휴식을 취하였다. 모든 자세는 10초 동안 유지 3회 반복 측정을 통하였으며, 근육의 근전도 신호는 처음과 마지막 2초를 제외하고 6초 동

안 측정된 값을 사용하였다.

앞톱니근, 위등세모근의 근활성도를 측정을 위해 무선 표면 근전도기를 사용하였으며, 연구에 사용한 접지 전극은 Ag-AgCl 재질의 일회용 단극표면전극(disposable single surface electrode)을 사용하였으며, 측정 전 알코올 솜으로 전극 부착부위의 이물질을 제거하였다. 표면 근전도의 신호 컴퓨터에서 필터링과 기타 신호를 처리하였고, 근전도 신호의 표본 추출률(sampling rate)은 1,500Hz였다. 증폭된 파형은 40~400 Hz 대역통과필터(band pass filter)와 60Hz 노이즈 제거를 위해 노치 필터(notch filter)로 필터링 하였다.

(1) 최대 등척성 수축 과정

수집된 모든 근전도 신호를 정량화에 실효평균값으로(root mean square; RMS) 처리하였으며, 각 근육의 수집된 신호는 최대 수의적 등척성 수축에 대한 백분율(%maximal voluntary isometric contraction; %MVIC)로 하였다. 근전도 신호는 %MVIC로 환산하여 표기하였다.

최대 수의적 등척성 수축은 ① 앞톱니근: 대상자가 앉아서 어깨뼈를 내민 상태에서 위팔을 125도 굽히고, 측정자가 한 손으로 대상자의 어깨뼈 아래각에 위치시키고 안정화 시킨 다음 어깨뼈를 뒤당김 방향으로 저항 주어 버티도록 하였다(Ekstrom 등, 2005).

② 위등세모근: 대상자는 얼굴을 반대방향 돌리고 목을 측정방향쪽으로 굽힌 다음 고개를 돌리고, 팔은 90도 벌리고 위팔과 뒤쪽 머리에 대한 저항에 버티도록 하였다(McLean 등, 2003). 측정은 시간은 5초간 3회 반복 측정 하였으며, 각 측정시 5초 휴식 후 각 근육 측정 사이 휴식 시간은 2분을 제공하였다.

(2) 전극 부착 부위

앞톱니근은 우세측 갈비뼈7번을 지나 중간 겨드랑선 부위에 부착하였으며(Park와 Yoo, 2011). 위등세모근은 우세측 목뼈7번에서 어깨뼈 봉우리까지의 거리 가운데 지점에 부착 하였다(Ekstrom 등, 2005)(Figure 3).



Figure 3. Placement of surface electrodes. A: Upper trapezius B: Serratus anterior

3. 자료 처리

본 자료 분석은 SPSS 18.0 for window를 이용하여 통계처리 하였으며, 집단 간 정규분포 가정을 만족하여 모수검정을 실시하였다.

실험군과 대조군의 일반적인 조건의 집단 간의 차이는 독립 t-검정(independent t-test)을 이용하였다. 실험군과 대조군간의 운동 자세에 따른 앞뿔니근과 위등세모근의 근전도의 차이는 이원 분산분석을 이용하였다. 각 그룹의 비교는 이원 분산분석을 이용하였다. 분산분석 결과 집단 간의 차이는 사후검정으로 Scheffe 분석을 이용하였다. 또한 각 조건별 차이는 본페로니 교정법(Bonferroni correction)을 이용하였고(유의수준 $\alpha = .017$), 통계학적 유의수준으로 $\alpha=0.05$ 로 하였다.

III. 결과

1. 연구대상자의 일반적인 특성

대상의 일반적 조건은 다음과 같다(Table 1).

Table 1. General characteristics of subjects

| | Normal | Winging | t(p) | |
|----------------------|-------------------------|-------------|--------------|--------------|
| Sex(male/female) | 9/11 | 10/10 | .313(.759) | |
| Age(years) | 26.15±3.32 ^a | 26.00±2.90 | .156(.880) | |
| Height(cm) | 165.37±7.87 | 169.00±7.15 | -1.523(.123) | |
| Weight(kg) | 59.37±13.89 | 62.50±11.98 | -1.76 (.451) | |
| Winging distance(cm) | Sitting | 1.26±.12 | 1.73±.23 | -8.073(.000) |
| | Quadruped | 2.54±.27 | 3.27±0.27 | -8.410(.000) |

^aMean±SD, *p<.05

Table2. Comparison of SA activities between two groups and three exercise in quadruped position

| | Both | Right | Left | F(p) | | |
|-------------------|--------------------------|-------------|-------------|----------------|-------------------|------------------|
| | | | | Group | Exercise | Group x Exercise |
| NG | 27.99±12.04 ^a | 41.06±13.38 | 29.84±11.79 | .545 (.465) | 12.754 (.000)* | .232 (.793) |
| EG | 27.23±9.01 | 37.64±9.32 | 29.57±10.39 | | | |
| t(p) ^b | .237(.821) | .943(.355) | .085(.939) | | | |

^aMean(%MVIC)±SD, ^bBonferroni correction, p<.017, * p<.05

NG : Normal group, EG : Winging group, SA: Serratus anterior, Both: Non raise, Right: Right leg raise, Left: Left Leg raise

1. 앞뿔니근의 근활성도 비교

네발기기에서 앞뿔니근의 근활성도 변화에 대한 결과는 다리 들기 차이에서 유의한 차이가 있었으며(p<.05), 익상 유무에 따라서는 유의한 차이가 없었다(p>.05). 다리 들기 유무와 그룹 사이에 상호작용은 유의한 차이를 보이지 않았다(p>.05)(Table2).

2. 위등세모근의 근활성도 비교

네발기기에서 위등세모근의 근활성도 변화에 대한 결과는 다리 들기 차이에서는 유의한 차이가 나타났으며(p<.05), 익상 유무에 따라 유의한 차이를 나타내지 않았다(p>.05). 다리 들기 유무와 그룹 사이에 상호작용은 유의한 차이를 보이지 않았다(p>.05)(Table3).

3. 앞뿔니근과 위등세모근의 근활성비 비교

네발기기에서 앞뿔니근과 위등세모근의 근활성비에 대한 결과는, 다리 들기 차이에서는 유의한 차이가 나타났으며(p>.05), 익상 유무에 따라 유의한 차이가 나타나지 않았다(p>.05). 다리 들기 유무와 그룹사이에 상호작용은 유의한 차이를 보이지 않았다(p>.05)(Table4).

Table3. Comparison of UT activities between two groups and three exercise in quadruped position

| | Both | Right | Left | F(p) | | |
|-------------------|------------------------|------------|------------|-----------------|------------------|------------------|
| | | | | Group | Exercise | Group x Exercise |
| NG | 5.60±1.39 ^a | 7.17±1.84 | 6.66±2.22 | .012* (.944) | 5.232 (.007)* | .643 (.527) |
| EG | 6.11±1.53 | 6.99±1.41 | 6.38±1.63 | | | |
| t(p) ^b | -1.113(.273) | .344(.734) | .443(.660) | | | |

^aMean(%MVIC)±SD, ^bBonferroni correction, p<.017, *p<.05

NG : Normal group, EG : Winging group, UT: Upper trapezius, Both: Non raise, Right: Right leg raise, Left: Left Leg raise

Table4. Comparison of the ratio of SA/UT between two groups and three exercise in quadruped position

| | Both | Right | Left | F(p) | | |
|-------------------|------------------------|-----------|------------|---------------|---------------|------------------|
| | | | | Group | Exercise | Group x Exercise |
| NG | 5.04±1.97 ^a | 6.00±2.23 | 4.89±2.45 | .74 (.390) | 3.0 (.052) | .27 (.763) |
| EG | 4.49±1.09 | 5.56±1.73 | 4.95±2.14 | | | |
| t(p) ^b | 1.10(.280) | .70(.488) | -.08(.935) | | | |

^aMean(%MVIC)±SD, ^bBonferroni correction, p<.017, *p<.05

NG : Normal group, EG : Winging group, SA: Serratus anterior, UT: Upper trapezius, Both: Non raise, Right: Right leg raise, Left: Left Leg raise

IV. 고 찰

어깨뼈의 잘못된 정렬은 근육의 불균형이 발생하는 데 이는 어깨뼈의 기능부전과 잘못된 자세로부터 기인되며(Santose 등, 2007), 이러한 특징은 익상 어깨뼈가 있는 환자들에게 흔히 나타난다(Andersen 등, 2014). 익상 어깨뼈를 가진 환자에게 워딩세모근의 높은 근 활성도와 아래등세모근 및 앞톱니근의 낮은 근활성도가 나타나며(Juul-Kristensen 등, 2011), 앞톱니근을 선택적으로 활성화시키기 위해 Push-up plus는 여러 문헌들을 통하여 많이 추천되었다. 따라서 본 연구는 익상 어깨뼈의 존재 유무에 따른 내밀 운동 시 자세별 차이에 따른 앞톱니근과 워딩세모근의 근활성도를 비교하였다.

그 결과 다리들기자세에서 앞톱니근과 워딩세모근 모두에서 유의한 차이가 있었다. 하지만 앞톱니근과 워딩세모근비에서는 차이를 보이지 않았다. Maenhout 등(2009)은 네발기기 자세에서 Push-up plus 운동 시 동측 다리를 들 때 앞톱니근의 근활성도가 유의하게 증가되었다고 보고하였다. 네발기기에서 동측 다리를 들고 4가지의 저항 즉 굴곡, 신전, 내전, 외전 저항에 대항시 신전 저항 방향에 대항할 때 앞톱니근이 가장 증가된다(김정빈, 2011)고 보고하였지만, 워딩세모근에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다고 보고하였다.

본 연구결과 앞톱니근의 근활성도가 동측 다리를 들

때 유의하게 증가하였지만, 선행연구와 반대로 워딩세모근 또한 동측 다리를 들 때 유의한 증가를 보였다. 이는 두발을 지지할 때 보다 한발을 들 때 하지의 불안정한 지지면에 대하여 체간 근육의 안정적인 수축이 요구되며(McGill 등, 2003), 지지측 어깨뼈의 부하 증가로 더 높은 근활성도가 필요하기 때문이라고 사료된다.

앞톱니근과 워딩세모근의 근활성비는 네발기기 자세에서 유의한 차이가 없었다. 이는 선행연구에서 네발기기 자세보다 옆드린 교각운동 자세는 보다 길어진 지레 팔 길이로 인해 중력 저항이 증가되며 지지면은 좁아진 다라고 하였으며(Kong 등, 2015; Colby와 Kisner, 2007). 또한 지지면이 불안정한 곳에서는 안정된 균형을 위해 신체 분절이 지나가는 여러 근육들이 협력수축을 일으킨다(Latash 등, 2010).

이러한 이유로 옆드린 교각운동 자세가 네발기기자세에서보다 중력 저항이 높아지고, 두발지지 보다는 한 다리지지하는 자세가 기저면은 좁아지고 중력 중심선의 이동으로 인해 생기는 회전토크를 방지하며 척추의 중립자세를 유지하기 위해서 몸통 근육뿐만 아니라 어깨뼈 주변의 안정성을 높이기 위한 앞톱니근과 워딩세모근의 근활성비가 유의하게 증가되었다고 사료된다. 워딩세모근과 앞톱니근의 균형이 무너진 환자들에게는 익상 어깨뼈가 대부분 많이 관찰되어진다(Ludewig와 Cook, 2000).

어깨뼈 내밀 운동과 같이 높은 앞톱니근과 워딩세모

근의 근활성비를 보이는 Push-up plus 운동은 앞톱니근에 대한 선택적 강화와 어깨 안정성과 근육 불균형의 감소에 중요한 재활운동으로 이용한다(Ludewig 등, 2004). 익상 어깨뼈가 있는 환자들에게서는 공통적으로 나타는 변화된 어깨뼈의 근활성도는 바로 앞톱니근의 근활성도 감소와 위등세모근의 증가된 근활성도를 보인다(Andersen 등, 2014).

또한 익상 견갑골 그룹에서 견갑골의 불균형으로 인해 정상인보다 한 다리를 들게 되면 안정성이 더 떨어지는 결과를 초래하게 된다(Andersen 등, 2014). 하지만 본 연구에서는 네발기기 자세에서는 유의한 차이가 없었다. 앞톱니근은 정상인 그룹에 비해 낮은 수치를 보였으나 유의한 차이는 없었다. 옆드린 교각운동 자세는 네발기기 자세보다 지레팔 길이 증가에 의해 나타난 큰 중력 저항을 보상하기 위해서 보다 높은 근활성도가 필요하다 라고 하였다(Kong 등, 2015).

앞톱니근이 정상인 그룹과 익상 어깨뼈 그룹에서 유의한 차이가 나타나지 않은 요인은 아마도 운동을 실천 사전 연습으로 인해 어깨뼈에 대한 내밀운동의 학습의 효과가 있었을 것으로 사료되며(Kong 등, 2015), 그 보상작용으로 위등세모근의 근활성도 증가가 익상어깨뼈 그룹에서도 나타난 것으로 사료된다(Cools 등, 2003). 향후 연구에서는 어깨뼈 익상이 있으면서 통증도 함께 있는 환자들을 대상으로 몸통 안정성과 어깨뼈 내밀 운동 효과에 대한 다양한 접근이 필요할 것이다. 또한 몸통 근육과 어깨 근육과의 연관성 대한 다양한 장기적인 연구가 추가적으로 이루어졌으면 한다.

V. 결 론

본 연구의 목적은 정상인과 익상 어깨뼈를 가진 대상자에게 네발기기 자세에서 어깨뼈 내밀 운동시 다리 들기에 따라 앞톱니근과 위등세모근에 미치는 영향을 알아보기 위해 실시되었다.

실험 대상자를 20명씩 정상인 그룹과 익상 어깨뼈 그룹으로 나누어 실시하였다. 그에 따른 결론은 다음과 같다.

네발기기 자세에서 다리 들기에서 Push-up plus 운동 시 앞톱니근과 위등세모근에서 유의한 차이를 보였다($p > .05$). 다음과 같은 결과를 볼 때 앞톱니근과 함께 동측의 어깨 안정성을 위해 네발기기 자세에서 다리들기 자세가 효과적이라고 할 수 있으며, 또한 익상 어깨뼈를 가진 대상자에게 운동 선택 시 어깨뼈 내밀 운동과 동시에 동측 다리를 드는 것이 어깨뼈 기능부전

에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 사료된다.

참고문헌

- Kim JB. Comparison of Muscle Activity of Shoulder and Trunk Muscle According to Various Direction of Resistance of the Lower Leg during Push up plus Exercise. Inje University Graduate School Master's Thesis. 2011.
- Lee JJ, Jung SD, Kim SY, et al. Selective strengthening of leg muscle using EMG biofeedback during pushup. Korean Professional Phy Ther J. 2011;18(1).
- Andersen CH, Andersen LL, Zebis MK, et al. Effect of scapular function training on chronic pain in the neck/shoulder region: A randomized controlled trial. J Occup Rehabil 2014;24(2): 316-324. <https://doi.org/10.1007/s10926-013-9441-1>
- Colby LA, Kisner C. Therapeutic Exercise: Foundations and Techniques. FA Davis Company, 2007.
- Cools AM, Witvrouw EE, Declercq GA, et al. Scapular muscle recruitment patterns: Trapezius muscle latency with and without impingement symptoms. Am J Sports Med 2003;31(4):542-549. <https://doi.org/10.1177/03635465030310041101>
- Costic RS, Jari R, Rodosky MW, et al. Joint compression alters the kinematics and loading patterns of the intact and capsule-transected AC joint. J Orthop Res 2003;21(3):379-385. [https://doi.org/10.1016/s0736-0266\(02\)00197-3](https://doi.org/10.1016/s0736-0266(02)00197-3)
- De Mey K, Danneels L, Cagnie B, et al. Shoulder muscle activation levels during four closed kinetic chain exercises with and without Redcord slings. J Strength Cond Res. 2014;28(6): 1626-1635. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000292>
- Decker MJ, Tokish JM, Ellis HB, et al. Subscapularis muscle activity during selected rehabilitation exercises. Am J Sports Med 2003;31(1):126-134.

- Ekstrom RA, Soderberg GL, Donatelli RA. Normalization procedures using maximum voluntary isometric contractions for the Serratus anterior and trapezius muscles during surface EMG analysis. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2005;15(4):418-428.
<https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2004.09.006>
- Ellenbecker TS, Davies GJ. Closed kinetic chain exercise: A comprehensive guide to multiple joint exercise. *Human Kinetics*, 2001.
- Juul-Kristensen B, Hilt K, Enoch F et al. Scapular dyskinesis in trapezius myalgia and intraexaminer reproducibility of clinical tests. *Physiother Theory Pract* 2011;27(7):492-502.
<https://doi.org/10.3109/09593985.2010.528548>
- Kim BJ, Lee JH. Effects of scapula-upward taping using kinesiology tape in a patient with shoulder pain caused by scapular downward rotation. *J Phys Ther Sci* 2015;27(2):547-548.
<https://doi.org/10.1589/jpts.27.547>
- Kong YS, Lee WJ, Park S, et al. The effects of prone bridge exercise on trunk muscle thickness in chronic low back pain patients. *J Phys Ther Sci* 2015;27(7):2073-2076.
<https://doi.org/10.1589/jpts.27.2073>
- Latash ML, Levin MF, Scholz JP, et al. Motor control theories and their applications. *Medicina (Kaunas)* 2010;46(6):382-392.
<https://doi.org/10.3390/medicina46060054>
- 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.
<https://doi.org/10.1093/ptj/80.3.276>
- 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.
<https://doi.org/10.1177/0363546503258911>
- Maenhout A, Van Praet K, Pizzi L, et al. Electromyographic analysis of knee push up plus variations: what's the influence of the kinetic chain on scapular muscle activity? *British Journal of Sports Medicine* 2009.
- McGill SM, Grenier S, Kavcic N, et al. Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine. *J Electromyogr Kinesiol* 2003;13(4):353-359.
[https://doi.org/10.1016/s1050-6411\(03\)00043-9](https://doi.org/10.1016/s1050-6411(03)00043-9)
- McLean L, Chislett M, Keith M, et al. The effect of head position, electrode site, movement and smoothing window in the determination of a reliable maximum voluntary activation of the upper trapezius muscle. *J Electromyogr Kinesiol* 2003;13(2):169-180.
[https://doi.org/10.1016/s1050-6411\(02\)00051-2](https://doi.org/10.1016/s1050-6411(02)00051-2)
- McMullen J, Uhl TL. A kinetic chain approach for shoulder rehabilitation. *J Athl Train* 2000;35(3):329-337.
<https://doi.org/10.1055/b-0034-71065>
- Myers TW. *Anatomy trains: Myofascial meridians for manual and movement therapists*. Elsevier Health Sciences, 2009.
- Norris C, Matthews M. The role of an integrated back stability program in patients with chronic low back pain. *Complement Ther Clin Pract* 2008;14(4):255-263.
<https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2008.06.001>
- Park SY, Yoo WG. Differential activation of parts of the Serratus anterior muscle during push-up variations on stable and unstable bases of support. *J Electromyogr Kinesiol* 2011;21(5):861-867.
<https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2011.07.001>
- Porterfield JA, De Rosa C. *Mechanical shoulder disorders*. WB Saunders, 2003.
- San Juan JG, Suprak DN, Roach SM, et al. The effects of exercise type and elbow angle on vertical ground reaction force and muscle activity during a exercise. *BMC Musculoskelet Disord*. 2015;16:23.
<https://doi.org/10.1186/s12891-015-0486-5>
- Santos MJ, Belangero WD, Almeida GL. The effect of joint instability on latency and recruitment or-

der of the shoulder muscles. J Electromyogr Kinesiol 2007;17(2):167-175.

<https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2006.01.010>

Stevens VK, Vleeming A, Bouche KG, et al. Electromyographic activity of trunk and hip muscles during stabilization exercises in four-point kneeling in healthy volunteers. Eur Spine J 2007b;16(5):711-718.

<https://doi.org/10.1007/s00586-006-0181-1>

Weon JH, Kwon OY, Cynn HS, et al. Real-time visual

feedback can be used to activate scapular upward rotators in people with scapular winging: An experimental study. Journal of Physiotherapy 2011;57(2):101-107.

[https://doi.org/10.1016/s1836-9553\(11\)70020-0](https://doi.org/10.1016/s1836-9553(11)70020-0)

Wilke J, Krause F, Vogt L, et al. What is evidence-based about myofascial chains? A systematic review. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 2016;97(3):454-461.

<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2015.07.023>