

안정된 지지면과 불안정한 지지면에서 팔굽혀 펴기 시 상지 근활성도와 운동학적 변수간의 상관분석

The Journal of Korean Society of Physical Therapy



- 윤정규
- 남서울대학교 물리치료학과

Relationship between Muscle Activity and Kinematic Variables of the Upper Extremity during a Push-up Task on Stable and Unstable Surfaces

Jung-Gyu Yoon, PT, PhD

Department of Physical Therapy, Namseoul University

Purpose: We investigated the relationship between the muscle activity and kinematic variables of the upper extremity during a push-up task on stable and unstable surfaces.

Methods: We recruited 15 healthy subjects. Subjects completed the push-up task on stable and unstable surfaces. Surface electromyograms were recorded from the serratus anterior, upper trapezius, latissimus dorsi, infraspinatus to monitor changes in muscle activity. Markers for kinematic changes of elbow flexion, shoulder extension, shoulder retraction and scapular adduction were attached at C7, the T7 spinous process, both acromions, the scapula superior and inferior angle, the humerus lateral epicondyle, and the ulnar styloid process. Correlation coefficients between muscle activity and kinematic variables were analyzed by SPSS for Windows, version 15.0.

Results: On the unstable surface, elbow flexion and shoulder extension increased with increasing muscle activity of serratus anterior, upper trapezius and infraspinatus. On the stable surface, shoulder retraction decreased with increasing muscle activity of serratus anterior and infraspinatus. Scapular adduction decreased with all types of increasing muscle activity, regardless of the support surface.

Conclusion: Correlations between muscle activity and kinematic variables were observed on stable and unstable surfaces during a push-up task, while correlations between right and left variables were not clear. These findings suggest that it may be used to develop a rehabilitation program which could be effective in improving shoulder function in patients with shoulder problems.

Keywords: Muscle Activity, Kinematic, Push-up, Stable, Unstable

논문접수일: 2011년 1월 11일

수정접수일: 2011년 3월 3일

게재승인일: 2011년 3월 21일

교신저자: 윤정규, velsa@nsu.ac.kr

1. 서론

최근 건강에 대한 관심이 증가하면서 일상생활에서 간단히 수행할 수 있는 운동이 많이 개발되고 있다. 특히 팔굽혀 펴기는 어깨에 문제가 있는 사람들을 위해 어깨 기능 개선을 위한 일반적인 치료적 운동으로 널리 알려져 있으며 이에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다.¹

안정된 지지면에서의 팔굽혀 펴기 운동과 관련하여 An 등²은 어깨관절과 연관된 손바닥의 위치, 팔의 움직임 면, 발의 위치 그리고 중력과 연관된 팔굽혀 펴기 속도 등이 팔굽혀 펴기 시 사지의 관절내 압력에 영향을 미친다고 보고하였다. 또한 안정된 지지면에서 어깨넓이 보다 넓게, 어깨넓이 만큼, 어깨넓이 보다 좁게 어깨의 넓이를 조절한 조건에서 팔굽혀 펴기를 실시한 후 상지 근활성도를 연구한 Youdas 등³의 보고에 의하면 어

깨 넓이를 좁게한 후 팔굽혀 펴기를 실시했을 때 근활성도가 가장 높게 나왔으며 근육 별로는 위팔세갈래근(triceps brachii), 큰가슴근(pectoralis major), 앞톱니근(serratus anterior), 뒤 어깨세모근(posterior deltoid)의 순서로 활성도가 높게 나타났다.

어깨충돌증후군을 가진 환자들의 치료에는 공통적으로 정상적인 움직임 패턴을 회복시켜 주기 위한 운동치료 프로그램이 포함된다. 팔을 머리위로 올리는 동작을 많이하는 직업을 가진 사람들에게 어깨충돌증후군이 빈발하며 정상적인 움직임 패턴 회복과 관련하여 가장 중요한 것이 앞톱니근의 기능이라 할 수 있다.⁴ 또한 어깨충돌증후군을 가진 환자들의 공통적인 특징은 오목위팔관절(glenohumeral joint)의 가동범위 감소와 어깨 움직임을 위한 힘의 감소로 인해 어깨관절 굽힘 시 대상작용으로 어깨뼈가 정상보다 조금 더 많이 상방 회전되며 빗장뼈(clavicle) 올림이 정상보다 많이 발생한다는 것이다. 이러한 어깨의 기능부전을 회복시키기 위한 운동치료의 원칙으로는 어깨 근 강화 운동과 유연성 회복운동이 중요시 되고 있으며 이에 대한 보다 세심한 연구가 진행되어야 할 것이다.⁵ Decker 등⁶의 연구에 의하면 어깨 안정근의 활성화와 관련하여 팔굽혀 펴기를 비롯한 8가지 운동치료 방법을 비교하였는데 팔굽혀 펴기 운동과 동적 껴안기(dynamic hug)가 앞톱니근의 활성도를 높이는 가장 적합한 방법이라 보고하였다. 어깨 손상 환자들의 재활과 관련하여 머리위로 공을 던지는 동작을 수행하는 운동선수들을 대상으로 어깨충돌증후군 유무에 따라 재활프로그램을 개발하기 위해 불안정한 지지면에서 팔굽혀 펴기를 실시할 때 앞톱니근, 위 등세모근(upper trapezius), 중간 등세모근(middle trapezius), 아래 등세모근(lower trapezius)의 활성도를 비교해 본 결과 어깨 손상이 있는 집단에서 중간 세모근의 활성도가 높았음을 알 수 있었다.⁷ 또한 벽을 이용하여 팔굽혀 펴기를 실시할 때 어깨의 운동학적(kinematics) 변화를 알아보기 위해 실시한 Lunden 등¹의 연구에 의하면 팔굽혀 펴기 시 어깨뼈의 하방회전, 내측회전과 전방전위가 발생하였으며 어깨 재활이 필요한 대상자들을 위한 프로그램 개발 시 어깨 손상 방지를 위한 세심한 주의가 필요하다고 보고하였다.

등속성 장비(Cuff Link)를 이용한 팔굽혀 펴기와 고전적인 팔굽혀 펴기 운동 시 앞톱니근, 중간 등세모근, 아래 등세모근의 근활성도를 비교해 본 결과 고전적인 팔굽혀 펴기 시 중간 등세모근, 아래 등세모근의 활성도가 높은 것으로 나타났다.⁸ 앞톱니근과 위 등세모근 간의 짝힘(couple power) 기능에 문제가 생긴 대상자들에게 안정된 지지면과 불안정한 지지면에서 벽을 이용한 팔굽혀 펴기, 고전적 팔굽혀 펴기, 벤치 프레스를 이용하여 기능개선의 효용성을 검증해 보았을 때 불안정한 지지면에서 벤치 프레스를 하는 것이 기능개선에 가장 효과가 있는 것으로 나타났다.⁹ 이와 관련하여 de Araújo 등¹⁰은 안정된

지지면과 불안정한 지지면에서의 팔굽혀 펴기 시 자료값들의 측정자간, 측정자내 신뢰도를 분석한 결과 안정된 지지면에서의 자료값들이 불안정한 지지면에서의 자료값들 보다 신뢰성이 높다고 보고하였다. 반면 Lehman 등¹¹은 안정한 지지면과 불안정한 지지면에서 팔굽혀 펴기를 실시할 때 중요한 요소는 지지면의 특성보다는 손과 발의 위치이며 발이 손보다 높이 올라간 위치에서 팔굽혀 펴기를 실시할 때 어깨 안정근들의 활성도가 높게 나타났다고 보고하였다. 팔굽혀 펴기는 일상생활에서 어깨 주변근의 기능개선 및 어깨를 사용하는 운동선수들의 재활을 위하여 손쉽게 사용할 수 있는 치료적 운동이라 할 수 있다.¹²⁻¹⁴ 때문에 팔굽혀 펴기와 관련된 연구가 국내외를 막론하고 많이 진행 됐으며 현재에도 진행되고 있다. 하지만 대부분의 연구들이 어깨 주변의 근활성도 분석과 관련되었거나 팔굽혀 펴기를 대체할 수 있는 유사 운동 개발 등으로 이루어져 있다.^{3,7,8,11-13} 최근들어 동작분석과 관련하여 연구가 활발해지면서 팔굽혀 펴기와 관련된 운동학적(kinematics) 연구 결과들이 몇몇 발표되고 있다.^{1,15} 하지만 아쉽게도 근활성도에 대한 연구와 운동학적 연구가 독립적으로 진행되고 있으며 팔굽혀 펴기 시 근활성도와 운동학적 분석을 동시에 진행한 연구는 매우 드문 것이 현실이다.

따라서 본 연구에서는 발이 손보다 높이 올라간 위치에서 안정한 지지면과 불안정한 지지면에서 팔굽혀 펴기 시 상지 근활성도와 운동학적 변수간의 상관성을 분석하고자 하였다. 본 연구는 팔굽혀 펴기의 동작을 보다 학술적으로 이해할 수 있는 기초자료를 제공할 것이며 어깨 손상 환자들의 재활을 위한 프로그램 개발 시 유익한 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 충남소재 N대학교에 재학중인 20대 남학생 15명을 대상으로 실시하였다. 피험자들 모두 근골격계, 신경계, 순환계에 이상이 없었으며 연구자의 지시에 따라 팔굽혀 펴기(push-up) 운동이 가능하였다. 모든 대상자는 실험에 참가하기 전 실험의 내용과 절차에 대해 충분한 설명을 듣고 실험동의서에 서명하였으며, 자발적으로 실험에 참여하였다.

2. 용어의 조작적 정의

1) 팔굽혀 펴기 운동

손은 어깨 넓이로 11자 형태로 유지한 후, 지지면 위에 발을 올려 발이 손보다 높이 올라간 위치에서 몸은 일직선을 취한다. 팔굽혀 펴기 운동 시 팔 굽힘은 손이 최대한 어깨에 가깝도록

굽힌 후, 팔굽혀 펴기의 마지막 단계에서 팔을 최대한 뻗어 어깨뼈가 완전히 앞당김(protraction)되도록 한다. 팔굽혀 펴기 시 어깨 관절이 벌림되지 않도록 주의한다.

2) 안정한 지지면

불안정한 지지면인 짐볼의 직경과 같은 높이의 조절용 벤치의 수평면을 의미한다.

3) 불안정한 지지면

직경 65 cm의 짐 볼을 이용한 흔들리는 지지면을 의미한다.

3. 측정 도구 및 장비

팔굽혀 펴기 운동 시 하지를 안정된 지지면에 올려놓기 위해 조절용 벤치(adjustable bench S5A, KAYE, 미국)를 사용하였고, 불안정한 지지면으로 직경 65 cm의 짐볼(Gymnic ball, Redlaptic, 이탈리아)을 사용하였다. 하지 지지면의 높이를 동일시 하기 위하여 짐볼의 높이와 동일하게 벤치의 높이를 65 cm로 조절하였다.¹³ 팔굽혀 펴기 운동 시 어깨뼈 주변의 근활성도를 측정하기 위해 8채널 무선전극 근전도(Pocket EMG, BTS, 이탈리아)를 사용하였다. 근전도 신호의 표본추출율은 1,000 Hz(1,000 samples/second)로 설정하였으며 증폭된 파형은 20~500 Hz의 대역통과필터(band pass filter)로 필터링 하였다. 운동을 하는 동안 관절간 각도와 좌우 어깨뼈 모음 거리를 측정하기 위하여 3차원 동작분석기(SMART-E, BTS, 이탈리아)를 사용하였다. 동작분석기는 6대의 적외선 카메라와 2대의 비디오 카메라(vixta 2 TVC, BTS, 이탈리아)로 구성되어 있으며 동작분석을 위한 마커는 원형 수동마커(passive marker)를 사용하였다. 촬영속도는 120 Hz로 설정하였으며 자료분석 프로그램은 SMART Analyser(BTS, 이탈리아)를 이용하였다.

4. 실험절차 및 방법

대상자들은 EMG 표면전극과 동작분석 마커를 부착하기 위해 상의를 탈의한 후 간편한 복장으로 실험에 참가하였고, 측정을 시작하기에 앞서 대상자에게 팔굽혀 펴기 운동의 시범과 함께 실험에 대한 내용을 숙지시킨 후 실험을 실시하였다.

1) EMG 전극 부착

피험자들의 어깨뼈 주변 근육의 근활성도를 측정하기 위해 좌우 앞톱니근(serratus anterior, SA), 위등세모근(upper trapezius, UT), 넓은등근(latissimus dorsi, LD), 가시아래근(infraspinatus, IS)의피부를 제모 한후 알코올로 깨끗이 닦아낸 뒤 근육이 가장 발달된 근복(muscle belly)에 EMG 표면전극(Ag/AgCl Monitoring Electrode 2225, 3M, 한국)을 부착하였다. 표면 전극은 각

근육의 근 섬유 방향을 따라 활성전극이 부착되었으며 접지전극(ground electrode)은 제 6번 목뼈 가시돌기(C6 spinous process) 주변에 부착하였다. 각 근육들은 맨손근력검사 자세에서 최대 등척성 수축(maximal voluntary isometric contraction, MVIC)시 근전도 신호량으로 정규화 하였다. 5초 동안의 자료값을 선형필터한 후 초기와 마지막 1초를 제외한 3초 동안의 평균 근전도 신호량을 100% 최대 등척성 수축(100% MVC)으로 사용하였다. 안정된 지지면과 불안정한 지지면에서의 팔굽혀 펴기 시 각 근육의 활성도는 RMS(root mean square)의 평균값을 이용하였다.

2) 동작분석 마커 부착

3차원 동작 분석시스템을 이용하여 어깨관절, 팔굽관절 움직임 각도 값과 좌우 어깨뼈 간 거리 변화 값을 측정하기 위해 기존 실험의 측정방법을 참고하였으며¹⁵ 일부 마커 부착 부위의 수정을 위하여 박사 급 이상의 동작분석 관련 전문가 2명의 조언을 받아 마커 부착 부위를 수정하였다. 마커는 제 7번 목뼈 가시돌기(C7 spinous process), 좌우 어깨뼈봉우리(acromion), 좌우 어깨뼈 상각(scapula superior angle), 좌우 어깨뼈 하각(scapula inferior angle), 제 7번 등뼈 가시돌기(T7 spinous process), 좌우 위팔뼈 가쪽 위관절용기(humerus lateral epicondyle), 좌우 자뼈의 붓돌기(ulnar styloid process)에 부착하였다.¹⁵ 팔굽관절 굽힘(elbow flexion)은 위팔뼈 가쪽 위관절용기를 꼭지점으로 어깨봉우리와 자뼈의 붓돌기 사이 각도를 측정하였고 어깨관절 펴(shoulder extension)은 어깨봉우리를 꼭지점으로 어깨뼈 하각과 위팔뼈가쪽위관절용기 사이의 각도를 측정하였으며 어깨관절 뒤당김(shoulder retraction)은 어깨봉우리를 꼭지점으로 제7번 목뼈 가시돌기와 어깨뼈 상각 사이의 각도를 측정하였다. 좌우 어깨뼈 모음(scapular adduction) 거리는 양쪽 어깨뼈 상각을 연결한 선의 길이 값을 측정하였다.

3) 측정변수

(1) 근활성도

- ① 앞톱니근: 안정된 지지면에서 오른쪽 앞톱니근(stable right serratus anterior, SRSA), 안정된 지지면에서 왼쪽 앞톱니근(stable left serratus anterior, SLSA), 불안정한 지지면에서 오른쪽 앞톱니근(unstable right serratus anterior, URSA), 불안정한 지지면에서 왼쪽 앞톱니근(unstable left serratus anterior, ULSA).
- ② 위등세모근: 안정된 지지면에서 오른쪽 위등세모근(stable right upper trapezius, SRUT), 안정된 지지면에서 왼쪽 위등세모근(stable left upper trapezius, SLUT), 불안정한 지지면에서 오른쪽 위등세모근(unstable right upper trapezius, URUT), 불안정한 지지면에서 왼쪽 위등세모근

(unstable left upper trapezius, ULUT).

- ③ 넓은등근: 안정된 지지면에서 오른쪽 넓은등근(stable right latissimus dorsi, SRLD), 안정된 지지면에서 왼쪽 넓은등근(stable left latissimus dorsi, SLLD), 불안정한 지지면에서 오른쪽 넓은등근(unstable right latissimus dorsi, URLD), 불안정한 지지면에서 왼쪽 넓은등근(unstable left latissimus dorsi, ULLD).
- ④ 가시아래근: 안정된 지지면에서 오른쪽 가시아래근(stable right infraspinatus, SRIS), 안정된 지지면에서 왼쪽 가시아래근(stable left infraspinatus, SLIS), 불안정한 지지면에서 오른쪽 가시아래근(unstable right infraspinatus, URIS), 불안정한 지지면에서 왼쪽 가시아래근(unstable left infraspinatus, ULIS).

(2) 관절움직임 각도

- ① 팔굽관절 굽힘: 안정된 지지면에서 오른쪽 팔굽관절 굽힘(stable right elbow flexion, SREF), 안정된 지지면에서 왼쪽 팔굽관절 굽힘(stable left elbow flexion, SLEF), 불안정한 지지면에서 오른쪽 팔굽관절 굽힘(unstable right elbow flexion, UREF), 불안정한 지지면에서 왼쪽 팔굽관절 굽힘(unstable left elbow flexion, ULEF).
- ② 어깨관절 펴: 안정된 지지면에서 오른쪽 어깨관절 펴(stable right shoulder extension, SRSE), 안정된 지지면에서 왼쪽 어깨관절 펴(stable left shoulder extension, SLSE), 불안정한 지지면에서 오른쪽 어깨관절 펴(unstable right shoulder extension, URSE), 불안정한 지지면에서 왼쪽 어깨관절 펴(unstable left shoulder extension, ULSE).
- ③ 어깨관절 뒤당김: 안정된 지지면에서 오른쪽 어깨관절 뒤당김(stable right shoulder retraction, SRSR), 안정된 지지면에서 왼쪽 어깨관절 뒤당김(stable left shoulder retraction, SLSR), 불안정한 지지면에서 오른쪽 어깨관절 뒤당김(unstable right shoulder retraction, URSR), 불안정한 지지면에서 왼쪽 어깨관절 뒤당김(unstable left shoulder retraction, ULSR).

(3) 어깨뼈 모음 거리

안정된 지지면에서 어깨뼈 모음 거리(stable scapular distance, SSD), 불안정한 지지면에서 어깨뼈 모음 거리(unstable scapular distance, USD).

4) 실험 과제

대상자들은 손을 어깨 넓이로 벌려 바닥을 짚은 뒤 발이 손보다 높이 올라간 위치에서 팔꿈치는 완전히 편 자세로 하지를

안정한 지지면인 벤치위에 올려 시작자세를 유지한다(Figure 1). 팔굽혀 펴기 시 몸을 일직선 상으로 유지하게 한 후 어깨관절이 벌림되지 않도록 주의를 시킨다. 예비 연습 3회를 실시한 후 측정을 시작하였다. 대상자들은 측정시간 1분 내에 각각 자신이 생각하기에 편한 속도로 3번의 팔굽혀 펴기를 실시하였고 각 수행 사이에는 2분간 휴식을 취하였다.¹⁰ 측정은 3회 반복 측정하였다. 안정한 지지면에서의 수행이 끝난 후 전이효과(carry-over effect)를 방지하기 위해 30분간의 휴식을 취하였다.¹⁶ 불안정한 지지면에서의 측정은 짐볼 위에 하지를 올린 후 안정한 지지면에서의와 마찬가지로 3번의 팔굽혀 펴기를 3회 반복 측정하였다(Figure 2).



Figure 1. Push-up on stable surface.



Figure 2. Push-up on unstable surface.

5. 자료 분석

본 연구의 자료 분석을 위하여 WINDOW용 SPSS version 15.0

프로그램을 이용하였다. 자료의 특성은 K-S검정(Kolmogorov-Smirnov test)에 의해 정규분포성이 입증되었다. 안정한 지지면과 불안정한 지지면에서 팔굽혀펴기 시 상지 근활성도와 운동학적 변수간의 상관분석을 위해 Pearson test를 이용하였다. 모든 자료들간의 상호관련성은 상관계수(r) 값을 이용하였다. 통계학적 검증을 위해 유의수준 $\alpha=0.01$ 로 설정하였다.

III. 결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

본 연구에 참여한 대상자는 20대 남자 대학생 15명이었다. 연령은 평균 22.5세, 표준편차 2.2세, 신장은 평균 177.3 cm, 표준편차 5.6 cm이었으며 체중은 평균 67.0 kg, 표준편차 6.7 kg이었다.

2. 안정한 지지면과 불안정한 지지면에서 근활성도 간의 상관분석

SRSA 값이 증가할수록 SLSA(0.40), URSA(0.61), SRUT(0.47), SLUT(0.40), URUT(0.60), ULUT(0.42), ULIS(0.56) 값이 증가하였다($p<0.01$). SLSA 값이 증가할수록 URSA(0.71), ULSA(0.68), SRIS(0.41), SLIS(0.48), URIS(0.49) 값이 증가하였다($p<0.01$). URSA 값이 증가할수록 ULSA(0.79), ULUT(0.39) 값이 증가하였다($p<0.01$). ULSA 값이 증가할수록 SLIS(0.46) 값이 증가하였다($p<0.01$). SRUT값이 증가할수록 SLUT(0.70), URUT(0.52) 값이 증가하였다($p<0.01$). SLUT 값이 증가할수록 URUT(0.41), ULUT(0.49) 값이 증가하였다($p<0.01$). URUT값이 증가할수록 ULUT(0.66), ULLD(0.46) 값이 증가하였다($p<0.01$). ULUT 값이 증가할수록 URLD(0.46) 값이 증가하였다($p<0.01$). SRLD 값이 증가할수록 URLD(0.63), SLIS(0.40) 값이 증가하였다($p<0.01$). URLD 값이 증가할수록 ULIS(0.45) 값이 증가하였다($p<0.01$). ULLD 값이 증가할수록 ULIS(0.40) 값이 증가하였다($p<0.01$). SRIS 값이 증가할수록

Table 1. Correlation between the muscle activity and movement angle on stable and unstable surface

	SREF	SLEF	UREF	ULEF	SRSE	SLSE	URSE	ULSE	SRSR	SLSR	URSR	ULSR
SRSA	0.55*	0.55*	0.74*	0.64*	0.40*	0.26	0.44*	0.45*	-0.13	-0.45*	-0.15	-0.31
SLSA	0.27	0.49*	0.48*	0.55*	0.17	-0.05	0.46*	0.39*	-0.43*	-0.50*	-0.08	-0.08
URSA	0.58*	0.65*	0.78*	0.60*	0.25	-0.06	0.59*	0.53*	-0.36	-0.47*	-0.18	-0.22
ULSA	0.30	0.44*	0.55*	0.31	0.08	-0.27	0.41*	0.27	-0.41*	-0.42*	-0.32	-0.24
SRUT	0.35	0.43*	0.42*	0.28	0.32	0.34	0.17	0.18	0.16	-0.09	-0.17	-0.16
SLUT	0.48*	0.67*	0.42*	0.36	0.37	0.32	0.29	0.26	-0.11	-0.29	-0.47*	-0.40*
URUT	0.42*	0.44*	0.41*	0.38	0.30	0.43*	0.20	0.27	0.03	-0.04	-0.20	-0.17
ULUT	0.48*	0.54*	0.50*	0.50*	0.48*	0.37	0.46*	0.43*	-0.35	-0.29	-0.31	-0.30
SRLD	-0.11	-0.06	0.05	-0.01	0.07	0.03	0.14	0.07	-0.15	-0.29	-0.17	-0.12
SLLD	-0.06	-0.08	0.03	0.18	0.18	0.36	0.07	0.17	0.05	-0.15	-0.10	-0.10
URLD	0.23	0.29	0.31	0.19	0.26	0.20	0.29	0.29	-0.30	-0.44*	-0.27	-0.36
ULLD	0.13	0.12	0.23	0.21	0.10	0.19	0.03	0.15	0.04	-0.07	-0.22	-0.09
SRIS	0.07	0.17	0.27	0.38*	0.27	0.20	0.34	0.32	-0.43*	-0.66*	-0.30	-0.36
SLIS	0.02	0.18	0.34	0.32	0.13	-0.02	0.24	0.20	-0.30	-0.49*	-0.20	-0.16
URIS	0.07	0.26	0.06	0.25	0.19	0.17	0.32	0.36	-0.35	-0.58*	-0.19	-0.32
ULIS	0.15	0.18	0.35	0.26	0.36	0.22	0.26	0.27	-0.17	-0.49*	-0.30	-0.49*

Unit: correlation coefficient (point)

SRSA: Stable right serratus anterior, SLSA: Stable left serratus anterior,
URSA: Unstable right serratus anterior, ULSA: Unstable left serratus anterior,
SRUT: Stable right upper trapezius, SLUT: Stable left upper trapezius,
URUT: Unstable right upper trapezius, ULUT: Unstable left upper trapezius,
SRLD: Stable right latissimus dorsi, SLLD: Stable left latissimus dorsi,
URLD: Unstable right latissimus dorsi, ULLD: Unstable left latissimus dorsi,
SRIS: Stable right infraspinatus, SLIS: Stable left infraspinatus,
URIS: Unstable right infraspinatus, ULIS: Unstable left infraspinatus,
SREF: Stable right elbow flexion, SLEF: Stable left elbow flexion,
UREF: Unstable right elbow flexion, ULEF: Unstable left elbow flexion,
SRSE: Stable right shoulder extension, SLSE: Stable left shoulder extension,
URSE: Unstable right shoulder extension, ULSE: Unstable left shoulder extension,
SRSR: Stable right shoulder retraction, SLSR: Stable left shoulder retraction,
URSR: Unstable right shoulder retraction, ULSR: Unstable left shoulder retraction

* $p<0.01$

SLIS(0.74), URIS(0.62), ULIS(0.67) 값이 증가하였다($p < 0.01$). SLIS 값이 증가할수록 ULIS(0.60) 값이 증가하였다($p < 0.01$). URIS 값이 증가할수록 ULIS(0.55) 값이 증가하였다($p < 0.01$).

3. 안정한 지지면과 불안정한 지지면에서 근활성도와 움직임 각도 간의 상관분석

앞톱니근의 활성도가 증가할수록 지지면 특성과 관련없이 팔굽 관절 굽힘의 증가, 불안정한 지지면에서 어깨관절 펴의 증가가 나타났으며 안정된 지지면에서는 어깨관절 뒤당김이 유의하게 감소되었다($p < 0.01$). 위등세모근의 활성도가 증가할수록 지지면 특성과 관련없이 팔굽관절 굽힘의 증가가 나타났으며 불안정한 지지면에서 어깨관절 뒤당김이 유의하게 감소되었다($p < 0.01$). 가시아래근의 활성도가 증가할수록 안정된 지지면에서의 어깨 관절 뒤당김이 유의하게 감소되었다($p < 0.01$)(Table 1).

4. 안정한 지지면과 불안정한 지지면에서 근활성도와 어깨뼈 모음 거리 간의 상관분석

모든 근육들의 활성도가 증가할수록 지지면 특성과 관련없이 어깨뼈 모음 거리가 유의하게 감소되었다($p < 0.01$). 특히 오른 쪽 앞톱니근과 넓은등근의 활성도가 증가할수록 어깨뼈 모음거리가 유의하게 감소되었다($p < 0.01$)(Table 2).

5. 안정한 지지면과 불안정한 지지면에서 움직임 각도 간의 상관분석

SREF 값이 증가할수록 SLEF(0.82), UREF(0.63), ULEF(0.54), URSE(0.51), ULSE(0.49)값이 유의하게 증가되었다($p < 0.01$). SLEF 값이 증가할수록 UREF(0.71), ULEF(0.69), SRSE(0.47), URSE(0.65), ULSE(0.64) 값이 유의하게 증가된 반면, SLSR (-0.38) 값은 유의하게 감소되었다($p < 0.01$). UREF 값이 증가할수록 ULEF(0.83), SRSE(0.54), URSE(0.74), ULSE(0.65) 값이 유의하게 증가된 반면, SLSR(-0.46) 값은 유의하게 감소되었다($p < 0.01$). ULEF 값이 증가할수록 SRSE(0.51), URSE(0.72),

Table 2. Correlation between the muscle activity and scapular adduction on stable and unstable surface

	SSD	USD
SRSA	-0.59*	-0.66*
SLSA	-0.14	-0.20
URSA	-0.36	-0.45*
ULSA	-0.21	-0.35
SRUT	-0.14	-0.31
SLUT	0.08	-0.22
URUT	-0.38*	-0.24
ULUT	-0.32	-0.16
SRLD	-0.42*	-0.46*
SLLD	-0.08	-0.03
URLD	-0.54*	-0.65*
ULLD	-0.13	-0.16
SRIS	-0.31	-0.28
SLIS	-0.32	-0.37
URIS	-0.00	-0.16
ULIS	-0.39*	-0.56*

Unit: correlation coefficient (point)

SRSA: Stable right serratus anterior, SLSA: Stable left serratus anterior, URSA: Unstable right serratus anterior, ULSA: Unstable left serratus anterior, SRUT: Stable right upper trapezius, SLUT: Stable left upper trapezius, URUT: Unstable right upper trapezius, ULUT: Unstable left upper trapezius, SRLD: Stable right latissimus dorsi, SLLD: Stable left latissimus dorsi, URLD: Unstable right latissimus dorsi, ULLD: Unstable left latissimus dorsi, SRIS: Stable right infraspinatus, SLIS: Stable left infraspinatus, URIS: Unstable right infraspinatus, ULIS: Unstable left infraspinatus, SSD: Stable scapular distance, USD: Unstable scapular distance

* $p < 0.01$

ULSE(0.65) 값이 유의하게 증가된 반면, SLSR(-0.59) 값은 유의하게 감소되었다($p < 0.01$). SRSE 값이 증가할수록 SLSE(0.82), URSE(0.71), ULSE(0.69) 값이 유의하게 증가되었다($p < 0.01$). SLSE 값이 증가할수록 URSE(0.48), ULSE(0.57) 값이 유의하게 증가되었다($p < 0.01$). URSE 값이 증가할수록 ULSE(0.91) 값이 유의하게 증가된 반면, SRSR(-0.39), SLSR(-0.54) 값은 유의하게 감소되었다($p < 0.01$). ULSE 값이 증가할수록 SLSR(-0.44) 값은 유의하게 감소되었다($p < 0.01$). SRSR 값이 증가할수록 SLSR(0.67) 값이 유의하게 증가되었다($p < 0.01$). SLSR 값이 증가할수록 URSR(0.40), ULSR(0.52) 값이 유의하게 증가되었다($p < 0.01$). URSR 값이 증가할수록 ULSR(0.84) 값이 유의하게 증가되었다($p < 0.01$).

6. 안정한 지지면과 불안정한 지지면에서 움직임 각도와 어깨뼈 모음 거리 간의 상관분석

UREF 값이 증가할수록 SSD(-0.46), USD(-0.52) 값이 유의하게 감소되었다($p < 0.01$). SLSR 값이 증가할수록 USD(0.44) 값이 유의하게 증가되었다($p < 0.01$).

IV. 고찰

본 연구는 발이 손보다 높이 올라간 위치에서 안정된 지지면과 불안정한 지지면에서 팔굽혀 펴기 시 상지 근활성도와 운동학적 변수간의 상관성을 분석하고자 실시되었다.

팔굽혀 펴기 시 안정한 지지면과 불안정한 지지면에서 근활성도간 상관분석 결과, 지지면 특성과 관련없이 대부분 좌우 동일근 간의 상관성이 높은 것으로 나타났다. 반면 앞뿔니근의 활성도가 증가할수록 위등세모근과 가시아래근의 활성도가 유의하게 증가함을 알 수 있었다($p < 0.01$). Ludwig와 Cook⁴과 Decker 등⁶은 손상된 어깨 재활을 위하여 다양한 운동 방법을 개발하였는데 특히 어깨뼈의 안정성을 증가시키는데 핵심 근육으로 앞뿔니근의 강화를 강조하고 있다. 본 연구의 결과는 임상운동학에서 강조하고 있는 짝힘(force couple)⁹의 존재를 실험적으로 증명하는 것이라 할 수 있다. 어깨뼈의 움직임에 문제가 생겼을 때 최우선으로 치료해야 할 근육은 앞뿔니근이라고 주장하는 많은 연구자들이 있다.^{6,17,18} 본 연구결과 앞뿔니근과 상관성이 높은 근육들에 대한 심도 있는 연구를 진행한다면 향후 어깨뼈의 기능개선과 관련하여 다양한 응용 프로그램이 개발되리라 생각된다.

팔굽혀 펴기 시 안정한 지지면과 불안정한 지지면에서 근활성도와 움직임 각도 간의 상관분석 결과, 앞뿔니근의 활성도가 증가할수록 지지면 특성과 관련없이 팔굽혀 펴기 시 굽힘의 증가, 불안정한 지지면에서 어깨관절 폼의 증가가 나타났으며 안정된

지지면에서는 어깨관절 뒤당김이 유의하게 감소함을 알 수 있었다($p < 0.01$). 이는 앞뿔니근 활성도의 증가가 어깨뼈를 안정화 시키면서 어깨관절 뒤당김을 감소시켰기 때문이라 생각되며 반면 불안정한 지지면에서는 어깨관절 폼이 증가할수록 어깨뼈의 안정을 위해 앞뿔니근이 활성화되었다고 볼 수 있을 것이다. 또한 어깨뼈의 안정화와 관련있는 앞뿔니근의 활성도 증가는 지지면 특성과 관련없이 팔굽혀 펴기의 주작용인 팔꿈치 굽힘을 증가시킨 것으로 생각된다. 이와 같은 결과는 어깨 손상유무에 따른 어깨뼈의 움직임 연구에서 Ludwig와 Cook⁴이 보고한 바와 같이 어깨 손상이 없는 대상자들이 어깨 손상이 있는 대상자들에 비해 물건을 들 때 어깨뼈를 안정화시켜주는 앞뿔니근이 활성화되어 어깨뼈의 들림 현상이 감소된다는 연구결과를 팔굽혀 펴기 운동을 통해 증명한 것이라 할 수 있을 것이다. 따라서 팔굽혀 펴기 운동은 앞뿔니근을 활성화시켜 어깨 관절을 안정화시키는데 유익한 운동이라 할 수 있을 것이며 이를 통해 어깨 관절의 기능부전을 회복시키는데 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다. 또한 팔굽혀 펴기 운동을 통해 앞뿔니근이 활성화되면 어깨뼈가 안정화되고 이를 기반으로 어깨관절 폼의 증가와 팔꿈치 관절 굽힘이 증가되었는데 이는 Magee¹⁹가 주장한 어깨뼈의 동적 안정화가 어깨관절과 팔굽혀 펴기 운동을 조화롭게 움직일 수 있다는 이론을 실험적으로 증명한 것이라 할 수 있다. 위등세모근의 활성도가 증가할수록 지지면 특성과 관련없이 팔굽혀 펴기 시 굽힘의 증가가 나타났으며 불안정한 지지면에서 어깨관절 뒤당김이 유의하게 감소됨을 알 수 있었다($p < 0.01$). 특이한 점은 어깨관절 뒤당김의 감소는 안정한 지지면에서는 앞뿔니근의 활성화와 관련이 높으며 불안정한 지지면에서는 위등세모근의 활성화와 관련이 높다는 것이다. 이는 불안정한 지지면에서 팔굽혀 펴기를 할 때 어깨 위 목 부분까지도 함께 불안정성이 증가되어 위등세모근의 활성화가 증가되었음을 암시하는 것이라 할 수 있을 것이다. 이것은 Hong과 Kim²⁰이 보고한 어깨와 견갑대 근육의 등척성 근력 평가 시 견갑대와 목의 근장력 간에는 높은 상관성이 있다는 연구 결과를 지지해 주는 것이라 할 수 있다. 팔굽혀 펴기와 관련하여 가시아래근의 활성도가 증가할수록 안정된 지지면에서의 어깨관절 뒤당김이 유의하게 감소됨을 알 수 있었는데($p < 0.01$), 이는 지지면의 특성에 따른 팔굽혀 펴기 시 근육간 상관관계에서 밝혀졌듯이 가시아래근의 활성도가 증가할수록 앞뿔니근, 위등세모근의 활성도가 증가하였다는 연구결과를 어깨관절 뒤당김 감소와 관련하여 그 상관성을 재입증 한 결과라 할 수 있을 것이다. 이러한 결과는 임상적으로 앞뿔니근의 약화로 발생할 수 있는 익상견갑골(winging scapular)²¹의 기능 개선을 위한 치료프로그램 개발 시 위등세모근과 가시아래근의 강화방법을 활용한다면 증상을 호전시킬 수 있는 응용 치료법이 개발될 수 있을 것이라는 단서

를 제공하고 있다.

팔굽혀 펴기 시 안정한 지지면과 불안정한 지지면에서 근활성도와 어깨뼈 모음 거리 간의 상관분석 결과, 모든 근육들의 활성도가 증가할수록 지지면의 특성과 관련없이 어깨뼈 움직임에 대한 거리가 감소됨을 알 수 있었다($p < 0.01$). 이는 팔굽혀 펴기시 발이 손보다 높은 지점에 위치시켰을 때 어깨뼈 안정근이 활성화되어 어깨뼈의 움직임을 제한 한다는 Lehman 등¹¹과 Borstad 등¹⁵의 연구를 입증한 결과라 할 수 있다. 특히 어깨뼈 모음 거리는 오른쪽 앞뿔근과 넓은등근의 활성도가 증가할수록 유의하게 감소하였는데($p < 0.01$), 이러한 결과는 대상자들 대부분이 오른손을 우세손으로 사용하고 있기 때문에 나타난 것이라 생각된다. 하지만 안타깝게도 본 연구에서는 우세수에 대한 정확한 자료를 첨부하지 못하였다. 향후 연구에서는 팔굽혀 펴기 시 우세수에 따른 관절 움직임에 대한 연구가 보강되어야 하리라 생각된다.

팔굽혀 펴기 시 안정한 지지면과 불안정한 지지면에서 움직임 각도 간의 상관분석 결과, 지지면 특성에 관계없이 팔굽혀 펴기시 어깨관절 굽힘이 증가할수록 어깨관절 펴기 각도가 증가한 반면 어깨관절 뒤당김은 감소한 것으로 나타났다($p < 0.01$). 어깨관절 뒤당김의 감소는 어깨뼈의 안정화와 밀접한 관계가 있는 것으로 팔굽혀 펴기 시 어깨뼈의 안정성이 높을수록 팔굽혀 펴기 동작을 원활히 수행할 수 있다는 것을 암시하는 것이라 할 수 있겠다. 이는 앞서 언급한 상지의 원활한 움직임은 어깨뼈의 안정성에 기초한다는 Magee¹⁹의 주장을 다시 한번 지지하고 있는 것이라 할 수 있다.

팔굽혀 펴기 시 안정한 지지면과 불안정한 지지면에서 움직임 각도와 어깨뼈 모음 거리 간의 상관분석 결과, 지지면 특성에 관계없이 팔굽혀 펴기시 어깨관절 굽힘이 증가할수록 어깨뼈 모음 거리는 감소한 반면 어깨관절 뒤당김이 증가할수록 어깨뼈 모음 거리는 증가한 것으로 나타났다($p < 0.01$). Borstad 등¹⁵의 연구에 의하며 팔굽혀 펴기 시 어깨뼈의 후방경사(*posterior tilting*)가 감소되고 내측회전(*internal rotation*)이 증가하여 어깨뼈를 안정시켰다고 보고하고 있다. 본 연구의 결과 팔굽혀 펴기시 굽힘이 증가할수록 어깨를 안정화시키기 위해 어깨뼈가 움직이지 않으면서 모음 거리가 감소되었다는 것은 선행 연구의 결과를 지지해 주고 있는 것이며 어깨관절의 뒤당김이 증가하였다는 것은 어깨뼈의 후방 움직임을 의미하므로 모음 거리가 증가한 것이라 할 수 있다.

본 연구는 지지면의 특성을 달리하여 팔굽혀 펴기 시 상지 근활성도와 운동학적 변수간의 상관성을 분석하고자 실시되었다. 사전실험을 통해 팔굽혀 펴기를 실시해 본 결과 여성들의 신체적 특성상 연구과제를 수행하기 어려웠다. 때문에 연구대상으로 남성들만을 선정하였는데 이러한 결과는 연구결과의 일

반화와 관련하여 제한점이 될 수 있다. 또한 대상자들이 20대 남자 대학생들로 개인적인 신체적 능력에 차이가 있을 수 있으며 대상자의 수가 적다는 점에서 연구결과의 일반화에 제한이 있을 수 있다. 향후 연구에서는 본 연구의 제한점을 보완하여 성인 남성뿐만 아니라 여성, 노인 또는 어깨 손상으로 재활이 필요한 대상자들의 기능개선을 위한 심도 있는 비교 연구가 필요할 것이라 생각된다.

V. 결론

본 연구에서 알아보고자 했던 주된 결과는 발이 손보다 높이 올라간 위치에서 팔굽혀 펴기 시 지지면 특성에 따른 근활성도와 움직임 각도 간의 상관성으로 안정된지지면과 불안정한 지지면에서 팔굽혀 펴기 시 상지 근활성도와 운동학적 변수간에는 유의한 상관성이 있음이 밝혀졌다. 하지만 좌우변수간 상관성의 차이는 근활성도와 어깨뼈 모음 거리 간에서만 나타났을 뿐 다른 변수들에서는 좌우 변수들 간 상관성의 차이를 밝힐 수 없었다. 본 연구는 팔굽혀 펴기와 관련하여 상지 근활성도와 운동학적 변수간의 상호관계를 연구하였는데 그 의미가 있으며 향후 어깨손상 재활 프로그램을 개발하는데 본 연구의 결과가 기초자료로 쓰일 수 있을 것으로 생각된다.

Author Contributions

Research design: Yoon JG

Acquisition of data: Yoon JG

Analysis and interpretation of data: Yoon JG

Drafting of the manuscript: Yoon JG

Administrative, technical, and material support: Yoon JG

Research supervision: Yoon JG

Acknowledgements

1. 본 연구는 2010학년도 남서울대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참고문헌

1. Lunden JB, Braman JP, Laprade RF et al. Shoulder kinematics during the wall push-up plus exercise. J Shoulder Elbow Surg. 2010;19(2):216-23.
2. An KN, Korinek SL, Kilpela T et al. Kinematic and kinetic analysis of push-up exercise. Biomed Sci Instrum. 1990;

- 26:53-7.
3. Youdas JW, Budach BD, Ellerbusch JV et al. Comparison of muscle-activation patterns during the conventional push-up and perfect- pushup™ exercises. *J Strength Cond Res.* 2010;24(12):3352-62.
 4. 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.
 5. McClure PW, Michener LA, Karduna AR. Shoulder function and 3-dimensional scapular kinematics in people with and without shoulder impingement syndrome. *Phys Ther.* 2006; 86(8):1075-90.
 6. Decker MJ, Hintermeister RA, Faber KJ et al. Serratus anterior muscle activity during selected rehabilitation exercises. *Am J Sports Med.* 1999;27(6):784-91.
 7. 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):550-6.
 8. Tucker WS, Campbell BM, Swartz EE et al. Electromyography of 3 scapular muscles: a comparative analysis of the cuff link device and a standard push-up. *J Athl Train.* 2008;43(5):464-9.
 9. Martins J, Tucci HT, Andrade R et al. Electromyographic amplitude ratio of serratus anterior and upper trapezius muscles during modified push-ups and bench press exercises. *J Strength Cond Res.* 2008;22(2):477-84.
 10. de Araújo RC, Tucci HT, de Andrade R et al. Reliability of electromyographic amplitude values of the upper limb muscles during closed kinetic chain exercises with stable and unstable surfaces. *J Electromyogr Kinesiol.* 2009;19(4): 685-94.
 11. Lehman GJ, Gilas D, Patel U. An unstable support surface does not increase scapulothoracic stabilizing muscle activity during push up and push up plus exercises. *Man Ther.* 2008;13(6):500-6.
 12. de Oliveira AS, de Moraes Carvalho M, de Brum DP. Activation of the shoulder and arm muscles during axial load exercises on a stable base of support and on a medicine ball. *J Electromyogr Kinesiol.* 2008;18(3):472-9.
 13. 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;5:1-7.
 14. Park SK, Park JM, Lee JH. Effects of a push-up plus exercise program on scapular position and muscle activity in individuals with rounded shoulder posture. *J Kor Soc Phys Ther.* 2010;22(5):1-8
 15. Borstad JD, Scucz K, Navalagund A. Scapula kinematic alterations following a modified push-up plus task. *Hum Mov Sci.* 2009;28(6):738-751.
 16. Shumway-cook A, Woollacott MH. Motor control: translating research into clinical practice. 3rd ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2007:35-37.
 17. 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):484-93.
 18. Lear LJ, Gross MT. An electromyographical analysis of the scapular stabilizing synergists during a push-up progression. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1998;28(3):146-57.
 19. Magee DJ. Orthopedic physical assessment. 3rd ed. Philadelphia, WB Saunders, 1998:235-40.
 20. Hong WS, Kim GW. Assessment of isometric muscle strength of shoulder girdle: a reliability study. *J Kor Soc Phys Ther.* 2007;19(6):17-22
 21. Martin RM, Fish DE. Scapular winging: anatomical review, diagnosis, and treatments. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2008;1(1):1-11.