

## 팔 굽혀 펴기에 대한 생체역학 분석

노태환 · 김정호<sup>1</sup> · 박시백<sup>1</sup> · 이나나<sup>1</sup>

울산대학교 물리학과, 선린대학 물리치료과<sup>1</sup>

### Analysis of Biomechanics of Push-up Movement

Tae-hwan Rho, PhD, Jeong-hyo Kim<sup>1</sup>, Si-baek Park<sup>1</sup>, Na-na Lee<sup>1</sup>

*Department of Physics, University of Ulsan*

<sup>1</sup>*Department of Physical Therapy, Sunlin University*

#### <Abstract>

**Purpose** : The purpose of this study is an interval palmar width according to change of muscle activation under push-up movement.

**Methods** : Three, this study participation normal young adult (male 3, mean age ; 24yaers). The subject performed maximum contraction under push-up movement. EMG activaty patterns is measured with three different width. The EMG activity of pectoralis major and latissimus dorsi were measured using surface electromyography.

**Results** : EMG activation of pectoralis major and latissimus dorsi following of push-up was shown significant difference( $p<.05$ ). Also, experiment value was agree with calculation value and width of shoulder position was minimum of pectoralis major and latissimus dorsi muscle activity.

**Conslusion** : RMS values in case of fretum and wide width of the hands on Latissimus Dorsi are shown muscle activity  $132\mu V$  and  $173.5\mu V$ , respectively. Especialy, RMS value in terms of wide width of the hands on muscles is shown very enhanced muscle activity.

It is suggest that interval palmar width of the hands on pectoralis major and latissimus dorsi in push-up movement was effective to intensify of the muscle activity.

---

**Key Words** : Biomechanics, Push-up movement

#### I. 서 론

현대사회에서 인체의 생체역학적 손상들 중에서

특히 견갑골이나 상완의 비정상적 움직임은 견갑골의 운동손상 증후군의 특징을 보이는데, 이는 특정 부위에 통증을 유발 할 수도 있으며, 관절가동범위

의 증가 혹은 감소를 가져온다. 이로 인하여 특정방향으로의 보상운동과 근력감소가 나타난다.

정상적인 견갑골의 움직임은 방해하는 결합조직, 근육길이의 차이, 근육군의 짜힘의 불균형을 가진 사람들은 안정성을 제공하는 등척성 운동과 훈련을 통하여 정상위치를 회복할 수 있도록 해야 한다. 또한 견관절의 기능 장애의 예방과 재활을 위한 치료적 운동프로그램을 제공하여 어깨의 여러 안정근들 사이의 균형적인 조절 능력의 회복에 초점을 두어야 한다.

최근 상지와 견갑골의 운동치료 프로그램에서는 단힌 사슬운동을 이용하는 경향이 많다. 단힌 사슬운동은 몸의 말단 부분이 고정되거나 손바닥 너비에 안정화 된 상태에서 움직임을 포함하며 그 예로는 체중지지훈련이 있다. 단힌 사슬운동은 근력강화와 지구력 증진뿐만 아니라 관절면의 기계적인 압박을 통해 여러 근육의 협응 수축(co-contraction)을 일으키며, 관절 주위의 구심성 수용체를 자극하여 더 많은 고유수용성 감각을 제공하므로 관절의 동적 안정성과 자세유지를 위한 운동치료 프로그램에서 자주 이용되고 있다.

위에서 언급된 고유수용성 감각이란 일반적으로 신체 부위에 대한 상대적 위치와 움직임을 결정하는 관절의 위치감각, 운동감각과 관련이 있다.

단힌 사슬운동은 열린 사슬운동과 비교해 보면 보다 안전하고 기능적이며, 다면적인 움직임이기 때문에 재활에서 선호된다. 사실상 임상적인 활용에서는 그 개념이 모호해 지는 경우가 존재한다. 즉 열린 사슬운동의 경우 말단부위가 자유롭게 움직이며 전형적으로는 부하가 주어지지 않는 반면, 단힌 사슬운동은 말단 부위가 고정되면서 부하를 가지며 걷기, 달리기, 계단 오르기와 같이 힘을 재생하는 것으로 정의된다.

팔굽혀펴기(Push-Up)는 상지의 전형적인 단힌 사슬운동이면서 수행력 평가나 가슴, 어깨, 팔의 근력 향상 운동 및 저항운동으로 알려져 있다. Ludewig 등(2004)은 4가지 팔굽혀펴기 운동의 차이점과 전거근, 상승모근의 활동성 그리고 이 두 근육의 비율을 검사하였고, Lear와 Gross(1998)는 어깨를 모으고 실시한 팔굽혀펴기(Push-up plus)와 발을 올리고 어

깨를 모은 팔굽혀펴기를 비교하였다. Moseley(1992)은 어깨를 모아서 실시한 팔굽혀펴기와 손을 벌리고 실시한 팔굽혀펴기 운동을 사용하여 견관절 운동과 각각의 다른 근육, 즉 상, 중, 하승모근, 견갑거근, 능형근, 중·하전거근, 대흉근을 검사하였으나 팔굽혀펴기시 양 손간의 너비에 대해서는 언급하지 않았다.

피트니스 운동 분야에서도 다른 손의 위치에 따른 팔굽혀펴기는 대흉근과 상완삼두근중 하나의 근육만 분리할 수 있다고 주장(Weeds, 2002)하였으나 이러한 주장을 뒷받침하는 과학적 증거는 부족한 실정이며 임상에서 사용하는 견갑골 안정화 운동으로서 팔굽혀펴기의 다양한 손위치에 관한 연구는 미비한 실정이다. 이에 본 연구에서는 상지의 운동 프로그램에서 단힌 사슬운동의 방법으로 사용하는 팔굽혀펴기 자세에서 생체역학적 분석을 통하여, 견관절 안정근들의 근활성도를 알아보고 견관절 재활을 위한 가장 효과적인 운동방법을 제공하여 초기 운동프로그램의 기초자료로 견관절 상해를 예방하거나 치료에 보조적 자료로 제공하고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구대상

본 연구는 2009년 9월 14일부터 28일까지 14일간 S대학에 재학중인 학생으로 과거에 견관절, 주관절, 수근관절의 손상이나 신체적 결함이 없는 건강한 남학생 3명을 대상으로 실시하였으며 모든 대상자는 본 실험의 목적에 숙지하고 참여하였다.

### 2. 연구방법

#### 1) 용어설명

- ① 팔굽혀펴기(Push-up) : 시작과 끝부분에 한 손이나 두 손이 바닥과 접촉해야 하며, 팔꿈치를 벌려야 한다. 어깨는 바닥과 직각이어야 하고, 머리와 척추는 일직선이 되어야 한다(Fig. 3).
- ② 팔꿈치 관절의 각도 : 상완과 전완이 이루는 각도.
- ③ 고관절의 각도 : 몸통과 대퇴가 이루는 각도.



Fig 1. MES 9000 EMG(Myotronics noromed. Inc., Wasington)

2) 측정기구

팔굽혀펴기 운동시 대상근의 근 활성도를 측정하기 위해 8채널 표면근전도 MES 9000 EMG (Myotronics Noromed. Inc., Wasington)를 사용하였다(Fig. 1).

3) 근전도 측정준비

실험실의 온도를  $25\pm 3^{\circ}\text{C}$ 로 일정하게 유지하고, 피부저항을 감소시키기 위하여 면도기로 털을 제거한 후 알코올 솜으로 부착부위를 닦았다. 표면 근전도의 전극은 대흉근과 광배근에 부착하였다. 대흉근의 전극 위치는 견봉 전면부와 검상돌기 사이 상위 3분의 1지점에 부착하였고 광배근의 부착 위치는 겨드랑이 뒤쪽의 가장 높은 지점의 근육에 부착하

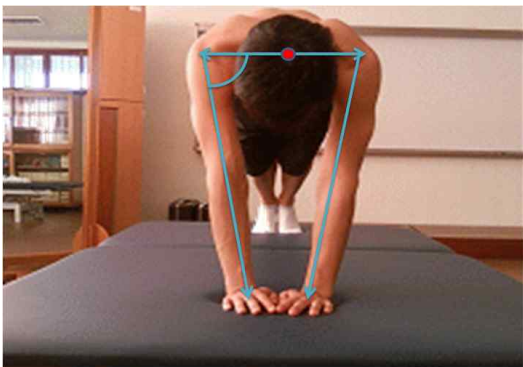


Fig 2. Fretum width

였다.

활성전극과 기준전극은 근섬유에 평행하게 부착하였고, 각 전극 중심사이의 거리는 2cm 이내로 부착하였으며 접지전극은 쇄골 돌출부에 부착하였다. 전극과 근전도계를 연결하는 전선을 정리하여 움직임 잡음(motion noise)이 생기지 않도록 하였다. 모든 관절의 가동범위와 전극부착은 측정자 간의 오차를 최소화하기 위하여 동일한 실험자가 실험하였으며 근전도 측정은 전극을 붙인 후에 10분 이상 안정시키고 모니터링 하여 잡음이 발생하면 제거한 후에 실시하였다(Fig. 2).

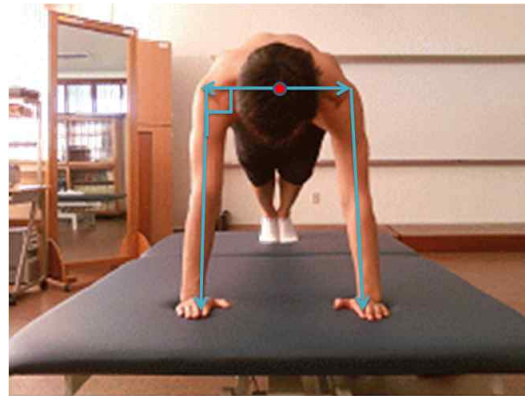


Fig 3. Shoulder width

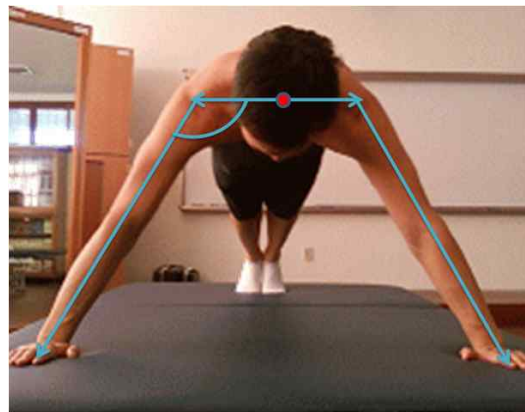


Fig 4. Wide width

4) 근전도 측정방법

- ① 채널을 고정하여 각 채널에서 근전도 신호를 받을

수 있도록 하였다.(G.F: clavicle, Set 1: pectoralis major, Set 2: latissimus dorsi)

- ② 근전도 신호의 표준 추출률은 100Hz(100 sample/second)로 하였다.
- ③ 각 근육이 수축한 시간 동안 수집된 신호를 정량화하기 위해 실효평균값(root mean square, RMS)처리를 하였다.
- ④ 잡음을 제거하기 위해 50Hz의 노치필터(notch filter)를 이용하였다.

### III. 결과 및 분석

본 연구에서는 견갑골 안정화 운동으로 닫힌 사슬 운동을 이용한 팔 굽혀펴기 운동시 다양한 손 위치에서 손바닥 너비 간격 별로 비교함으로써 근육 별 효과적인 운동방법을 알아보고자 함이며 각각 대흉근과 광배근의 근활성도를 표면근전도를 통해 측정하였다.

Table 1. Comparison of muscle activation in pectoralis major

	Width	Peak( $\mu V$ )	RMS
Push-up	Fretum	318.7	138.8
	Shoulder	241.7	119
	Wide	294	129.6

대흉근은 좁은 경우 평균 138.8( $\mu V$ )를, 어깨너비 119( $\mu V$ ), 넓게 129.6( $\mu V$ )를 기록하였다. 손바닥 너비가 좁을 경우에 peak, RMS 가 각각 최대값이 측정

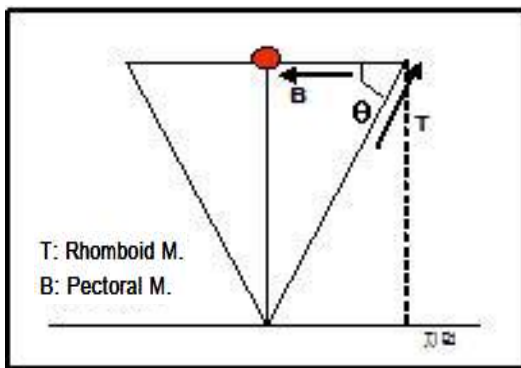


Fig 5. An anatomical model of the human body - static

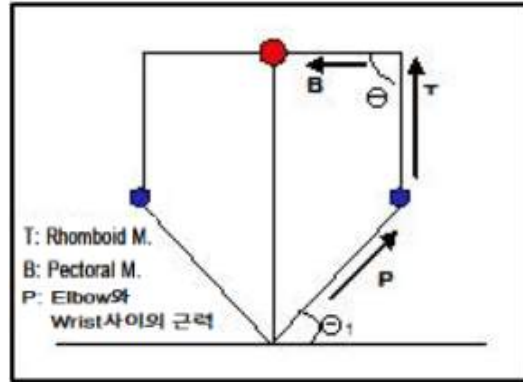


Fig 6. An anatomical model of the human body - kinetics

되었다(Table 1).

Table 2. Comparison of muscle activation in latissimus dorsi

	Width	Peak( $\mu V$ )	RMS
Push-up	Fretum	27.5	132
	Shoulder	139	57.6
	Wide	274.7	173.4

광배근에서는 좁을 경우 평균 132( $\mu V$ ), 어깨너비 57.6( $\mu V$ ), 넓게 173.4( $\mu V$ )를 기록하였다. 손바닥 너비가 좁을 때와 넓을 때 Peak는 비슷하였으나, RMS는 넓을 경우가 높았지만 약간의 오차를 고려할 수 있다. 어깨너비에서 최소치를 나타내었다(Table 2).

Fig 5에서 제시된 인체 모식도로 측정된 수치적 경향을 분석하고자 자유체도 방법을 이용하여 광배근과 대흉근의 근력을 추정하였다. 실험자가 팔 굽혀펴기 시 상체의 무게가 대략 몸무게의 2/3 정도로 측정되었고, 직각좌표계의 원점을 손바닥에 두었다.

직선운동의 평형조건  $\sum F=0$ 을 적용하여 먼저 y축에 대해 T의 평형 식은

$$2T\sin\theta - 2W/3=0 \text{ ————— (1)}$$

X축에 대해서는

$$2T\cos\theta - B=0 \text{ ————— (2)}$$

여기서 B는 대흉근력, T는 광배근력이다.

$$2T\sin\theta = 2W/3$$

$$T = (1/2\sin\theta)2W/3 \text{ ————— (3)}$$

Tcosθ =B 식에 (3)식을 대입하면

$$B = (1/2\sin\theta)(2W/3)\cos\theta$$

$$B = (1/2\tan\theta)(2W/3) \text{ ————— (4)}$$

Fig 6.에서 상하직선운동에서 동역학을 적용해 보면,  $\Sigma F=ma$   
y축 방향에서는

$$2T\sin\theta - 2W/3 + 2P\sin\theta_1 = (2W/3)a_y$$

$$T = (1/2\sin\theta)2W/3 - (1/2\sin\theta)P\sin\theta_1$$

$$+ (1/2\sin\theta)(2W/3)a_y \text{ ————— (5)}$$

여기서 P는 팔꿈치와 손목 사이의 근육,  $a_y$ 는 y축 방향의 가속도, W는 몸무게,  $\theta_1$ 는 지면과 요골과의 사이각.

X축 방향에서는

$$T\cos\theta - B + P\cos\theta_1 = ma_x$$

$$B = W/(3\sin\theta) - P\sin\theta_1/(2\sin\theta) + W/(3\sin\theta) + P\cos\theta_1 - ma_x \text{ ————— (6)}$$

여기서 m은 팔의 질량.

상하 운동 시 (최대 각=θ+90도로 운동)

θ<90, θ=90, θ>90는 각각 좁게, 어깨너비, 넓게 된 경우를 의미한다.

좁게 된 경우, (5) 식을 이용하여 분석해 보면 광배근을 대표하는 T는 분모에 있는 sinθ의 값에 따라 감소에서 증가로 변화하고 있으며, 하향 시에 가속도가 음수 값을 나타내기 때문에 T는 하향 시 감소하고, 상향 시 증가함을 보여 주고 있다. 이것은 측정치 Peak 값과 RMS 값이 각각 다르게 나타남을 알 수 있게 한다. 또한 대흉근을 대표하는 B는 식(6)에서 상향 시에는 y축의 가속도는 양수이고, x축의 가속도는 음수가 되어서  $W/(3\sin\theta) > ma_x$  조

건에 의해 B는 상향 시에는 증가하고 반대로 하향 시에는 가속도의 부호가 바뀌기 때문에 B는 감소하게 된다.

θ = 90도인 어깨너비경우에는 각도가 90도에서 180도 사이로 변하는 상하운동을 한다. 여기에서도 식(5)의 T는 분모에 있는 sinθ가 최대에서 최소로 이동하기 때문에 상향 시는 가속도가 양수가 되어 T는 증가하고, 하향 시는 가속도가 음수이기에 T는 감소한다. 식(6)의 경우에서의 대흉근도 상향 시에는 y축의 가속도는 양수이고, x축의 가속도는 음수가 되어서,  $W/(3\sin\theta) > ma_x$  조건에 의해 B는 증가하고 반대로 하향 시에는 가속도의 부호가 바뀌기 때문에 B는 감소하게 된다.

이처럼 모든 경우에서도 같은 경향을 보이고 있다. 즉 실험치와 계산치의 경향이 일치한다. 광배근과 대흉근의 근력이 최소가 되는 자세는 어깨너비 자세이다.

견갑골 주의 근육의 불균형과 잘못된 신경근조절을 해결하기 위하여 약화된 근육에 따른 선택적인 강화운동과 적절한 운동자극이 요구되는데 이에 본 연구는 실제로 선택적 운동이 필요한 환자를 대상으로 한 것이 아니었기에 본 연구의 결과를 어깨의 기능장애를 가진 모든 환자에게 일반화시키기에는 제한이 있다고 할 수 있고 근육군의 수가 적어 적용에 어려움이 있다. 또한 표면근전도는 심부근육들의 활성도를 측정할 수 없기에 심층근과 천층근간의 정확한 평가에 근거한 환자의 특성에 맞게 적용, 각 근육간의 작용을 비교해 보는 것이 필요하다. 또한 동적인 수치는 정적인 수치보다 더욱 정교한 도구와 정확한 실험이 필요하여, 동적인 근전도를 측정할 수 있는 도구를 도입하는 것이 필요할 것이다. 이러한 여러 가지 제한 점이 고려되어야 할 것이다.

## V. 결 론

본 연구는 건강한 대학생 3명을 대상으로 팔굽혀 펴기 동작 시 손바닥 너비 간격변화를 좁게, 어깨너비, 넓게 등의 3가지 조건으로 분류하여 정역학, 동역학으로 그에 따른 근육의 활성도를 비교, 분석하

였고 결과는 팔 굽혀펴기 동작에서 대흉근, 광배근의 경우 손바닥 너비 간격을 좁게, 넓게 할 경우 근활성도가 증가하였다. 본 연구에서 내린 결론으로는 대흉근, 광배근에서는 팔굽혀펴기 동작 시 좁은, 넓은 간격에서의 운동이 근력강화에 효과적이라고 할 수 있다.

어깨 모으고 팔굽혀펴기 동작과 무릎관절의 각도나 벽을 이용 할 경우 더 큰 효과를 발휘할 수 있을 것이다.

#### 참 고 문 헌

박경용. 벤치 프레스 운동 시 벤치 각도에 따른 대흉근의 근전도 분석. 인천대학교 대학원 석사논문. 2003.

오재섭, 박준상, 김선엽 등. 슬링과 고정된 손바닥 너비에서의 팔굽혀펴기 동작 시 근활성도 비교. 한국전문물리치료학회지, 2003;10(3):29-4.

Blackburn TA. The effects of muscle fatigue on the relationship of arm dominance to shoulder proprioception, J Orthop Sports Phys Ther. 1996; 23:348-52.

Blackard DO, Jensen PL, Ebben WP. Use of EMG analysis in challenging kinetic chain terminology. Med Sci sports Exerc. 1999;31(3):443-8.

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):542-9.

De Luca CJ. The use of surface electromyography in biomechanics. J App Biomech. 1997;13:135-16.

Ellenbecker TS. Muscular strength relationship between normal grade manual muscle testing and isokinetic measurement of the shoulder internal and external rotators. J Orthop Sports Phys Therapy. 1994;1:72.

Geiger B. Training notebook:Angle play. Muscle

Fitness. 2004;(1):46-8.

Knapik JJ, Sharp MA, Caham-Chervak M, et al. Risk factors for training-related injuries among men and women in basic combat training. Med Sci Sports Exerc. 2001;33:946-54.

Le Veau B, Anderson G. Output Forms: Data analysis and Applications. In U.S. Department of Health and Human Services. selected Topics in surface Electromyography for use in the Occupational settings. 1992:70-99.

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. 2000; 32(2) :484-502.

Mathiassen SE, Winkel J, Hagg GM. Normalization of surface EMG amplitude from the upper trapezius muscles in ergonomic studies: A review. Electromyography and Kinesiology In Electromyography of the Trapezius Muscle, 1995;5(4):197-226.

Magee DJ. Instability and stabilization. Theory and treatment. 2nd Seminar Workbook, 1999.

Mottram SL. Dynamic Stability of the Musculoskeletal System. Missouri, Mosby Inc. 2002.

Moseley JB, Jobe FW. EMG analysis of the scapular muscles during a shoulder rehabilitation program. Am J Sports Med. 1992;20(2):128-34.

Voight ML, Hardin JA, Robert M. et al. Comparison of muscle activation using various hand positions during the push-up exercise. Mayo clinic college of medicine, Rochester, Minnesota, 2005.

Soderberg GL, Knutson LM. A guide for use and interpretation of kinesiological electromyographic data. Phys Ther. 2000;80(5):485-98.

Weede T, Kraemer WJ. Muscle and fitness blueprint for arms. Muscle Fitness Insert, 2000.