

푸쉬업 플러스 동작 시 동측과 반대측 다리 들기에 따른 우측 어깨근 활성화도 비교 분석

Comparative Analysis of the Right Shoulder's Muscle Activity When Lifting Ipsilateral and Contralateral Legs during the Push Up Plus Exercise

조성학^{1,✉}
Sung-hak Cho^{1,✉}

1 가야대학교 물리치료학과 (Department of Physical Therapy, College of Health Medicine, Kaya University)
✉ Corresponding author: wow1300@hanmail.net, Tel: +82-55-330-1054

Manuscript received: 2014.8.28. / Revised: 2015.3.10. / Accepted: 2015.3.17.

The purpose of this study is to conduct a comparative analysis of the right shoulder's muscle activity when lifting ipsilateral and contralateral legs during the Push Up Plus (PUP) exercise, which is a typical shoulder stabilizing exercise, and to provide effective data for a shoulder stabilization exercise. Upper trapezius, lower trapezius, levator scapula, supraspinatus, infraspinatus, deltoid posterior, serratus anterior and pectoralis major, which are eight main muscles of a shoulder, were analyzed for the left and right leg lifting by using an electromyogram (EMG). The study revealed that the muscle activities of the right shoulder's upper trapezius, levator scapula, supraspinatus, serratus anterior and pectoralis major were higher when lifting an ipsilateral (right side) leg, compared to lifting a contralateral (left side) leg. Therefore, lifting an ipsilateral leg can be an effective method for enhancing the maneuverability (mobility) of the right shoulder when lifting a single leg.

KEYWORDS: Push up plus (푸쉬업플러스), Leg lifting (다리들기), Shoulder stabilization (어깨 안정화), Electromyogram (근전도)

1. 서론

어깨 통증은 가장 흔한 근골격계 질환 중 하나로,¹ 어깨 통증으로 인한 사회적 비용은 지속적으로 증가하고 있다.² 어깨 관절은 신체에 위치한 관절 중 가장 큰 자유도를 가지고 있는 관절로서 모든 면(plane)에서의 움직임을 제공하지만, 신체에서 가장 큰 불안정성을 지닌 관절이기도 하다. 하지

나 체간에 비해 상지, 그 중 어깨는 안정성보다 운동성이 더 크게 요구되기에 손상 또한 받기 쉽다. 어깨의 움직임을 제공하는 관절은 단순히 견갑골(scapula)과 상완골(humerus)을 연결하는 상완외관절 뿐 아니라 상완상관절, 견쇄관절, 견늑골관절, 흉쇄관절, 흉늑골관절, 늑골척추관절로 이루어져 있으며, 이 관절들을 통칭하여 견갑대(shoulder girdle)라고 부른다.³

견갑대는 견갑골과 상완골의 안정성을 제공해주는 회선근개를 포함하여 견갑골에 안정성과 움직임을 제공하는 상부승모근, 하부승모근, 견갑거근, 전거근 등으로 둘러싸여 있다. 회선근개는 어깨를 안정화 시키는데 가장 중요한 근육이다. 회선근개(rotator cuff)를 구성하는 근육들은 견갑하근(subscapularis), 극상근(supraspinatus), 극하근(infraspinatus), 소원근(teres minor)으로 구성되어 있다. 안정된 어깨에 있어, 회선근개는 어깨에서 일어나는 많은 능동적인 관절운동을 조절한다. 회선근개는 세 가지 주된 기능이 있는데, 첫째는 상완골두를 회전시키고, 둘째는 상완골두를 관절와(glenoid fossa) 방향으로 압박하여 상완와관절을 안정되게 하며, 셋째는 어깨관절을 가로지르는 다른 큰 근육들이 수축할 때 균형을 이뤄 어깨관절을 안정화하는 것이다.⁴

전거근(serratus anterior) 또한 어깨 안정화에 중요한 근육으로 인식되고 있다. 전거근의 적절한 활성화는 팔을 올리는 동안 정상적인 견갑상완리듬(scapulohumeral rhythm)을 유지하는데 중요하다.⁵ 전거근은 위팔뼈를 굴곡 외전방향으로 올렸을 때 흉곽에 견갑골이 붙어있게 유지하면서 견갑골의 이상을 예방하고 견갑골을 상방 회전시켜서 후방으로 기울게 돕는다.⁵ 전거근은 다양한 어깨관절 병리상태에서 나타나는 비정상적인 근활성도에 의해 중요성을 가지고,⁶ 견갑골의 안정화에 중요한 역할을 하며,⁷ 전거근의 강화는 어깨관절의 안정성에 크게 기여한다.⁸

회선근개와 전거근을 포함한 가장 널리 쓰이는 어깨 안정화 운동 방법은 Push Up Plus(PUP) 동작이다. PUP는 회선근개와 전거근의 활동을 높여주는 효과적인 어깨 안정화 운동 방법이다.⁹ 최근 PUP 동작 중에도 지지면의 불안정성을 높인 불안정한 상태에서의 운동방법이 가장 효율성이 높은 것으로 알려져 있다.⁹ 최근에는 PUP 동작시 불안정성을 높이기 위해지지면을 줄이는 방법으로 한쪽 다리 들기가 많이 쓰이고 있다.

그러나 한쪽 다리 들기에 따른 어깨 근육의 활성도 분석에 관한 연구는 그리 활발하게 이루어지지 않았으며, 어깨 근력 강화를 위한 한쪽 다리 들기 자세 중 어느 쪽 다리를 드는 것이 동측 어깨와 반대측 어깨에 효과적인지에 대한 근거는 드문 실정이다.

따라서 본 연구에서는 우측 어깨의 근활성도를 동측과 반대측 다리 들기에 따라 비교분석하여 어깨 안정화 운동에 효과적인 방법을 확인하고, 어

Table 1 Characteristics of the subjects (N=15) values are means ± standard deviations

Description	Subjects
Gender(M/F)	5/10
Age (y)	22.1±2.9
Height (cm)	165.6± 4.3
Weight (kg)	60.1± 11.1

깨 안정화에 기여할 수 있는 어깨 근 활성도를 분석하여 인체공학적 자료를 제공하고자 하였다.

2. 연구방법

2.1 연구대상

본 연구의 대상자는 어깨에 수술 경험이 없고, 최근 3개월 내에 어깨나 목에 통증을 호소하지 않으며, 어깨 가동 범위에 제한이 없는 건강한 20대 15명(남성 5명, 여자 10명)을 대상으로 실시하였고, 모든 대상자는 오른손을 우성으로 사용하는 자를 선택하였다. 대상자의 일반적인 특성은 Table 1과 같다.

2.2 실험기기 및 도구

상부승모근, 하부승모근, 견갑거근, 극상근, 극하근, 삼각근 후면, 전거근, 대흉근의 근활성도를 측정하기 위해 표면 근전도 장비(Noraxon TeleMyo DTS Telemetry)를 사용하였다.

2.3 근전도 전극 부착

본 연구에서는 어깨 근육의 활성도를 분석하기 위해 근활성도를 측정하기 위해 표면 전극을 사용하였다. 근전도 전극은 오른쪽 어깨의 상부승모근(Upper Trapezius: UT), 하부승모근(Lower Trapezius: LT), 견갑거근(Levator Scapula: LS), 극상근(Supra Spinatus: SS), 극하근(Infra Spinatus: IS), 삼각근 후면(Posterior Deltoid: PD), 전거근(Serratus Anterior: SA), 대흉근(Pectoralis Major: PM)에 Fig. 1과 같이 부착하였다. 각 근육당 근전도 전극의 부착위치는 Table 2에 나타내었다.^{10,11} 표면 근전도 신호에 대한 피부 저항을 감소시키기 위하여 소독용 알코올로 유분을 닦은 후 표면전극을 피부에 부착하였다.

2.4 실험방법

실험은 슬링을 이용하여 양쪽 팔에 불안정한 지지면을 제공한 뒤 8개 각 근육의 근활성도를 다

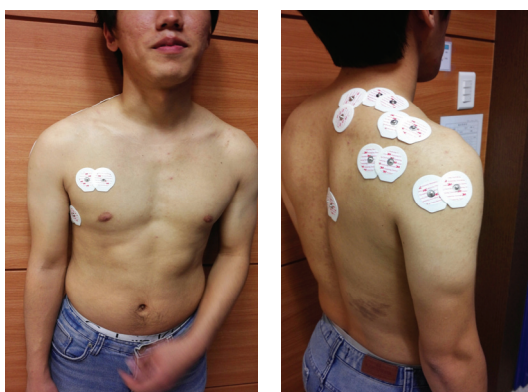


Fig. 1 Spots of attached electrode on right shoulder

Table 2 Spots of attached electrode on right shoulder

Muscles	Spots on skin landmark
Upper trapezius(UT)	Between spinous process of 7 th cervical vertebra and acromion
Lower trapezius(LT)	2cm away from spinous process of inferior angle level
Levator scapula(LS)	Between sternocleidomastoid and upper trapezius muscle
Serratus anterior(SA)	Attach on spinous process of scapula by locating external distal part of the spinous process with tactile perception
Infra spinatus(IS)	Locating spinous process with tactile perception and then attach the electrode on lower spinous process that is 4cm away from lateral margin in parallel
Posterior deltoid(PD)	Lower edge of scapular spine
Serratus anterior(SA)	Front part of latissimus dorsi on center armpit line with 5 th , 6 th rib bone level
Pectoralis major(PM)	2cm internal side from armpit crease

리 들기에 따라 알아보았다. 실험에 들어가기 전 전 대상자들의 이해를 돕기 위해 팔을 앞으로 뻗는 PUP 방법에 대한 예비연습을 5분간 실시하였다. 머리의 위치 혹은 움직임에 의해 야기 될 수 있는 보상작용을 피하기 위해, 실험 중 자세교정 막대를 사용하여 실험대상자가 검사 중에 목이 신전이 되지 않도록 턱을 당기고 머리, 등, 엉덩이 부분의 정렬을 유지하도록 하였다. 또한 상완의 어깨 각도는 굴곡 90°를 유지시키고, 팔꿈치 굽힘 없이 완전 신전을 유지하도록 하였으며, 슬링 바



Fig. 2 PUP with contralateral (left leg) lifting



Fig. 3 PUP with ipsilateral (right leg) lifting

닥에 엄지손가락의 위치점을 표시하여 상완의 회전이 일어나지 않도록 하였다. 다리 들기시 무릎을 굽히지 않고 다리를 쭉 편 자세로 고관절의 굴곡이 일어나지 않도록 유지하도록 하였다.

첫 번째 자세는 Fig. 2에서와 같이 슬링을 약 5cm정도 띄운 상태에서 PUP 동작을 실시하여 반대측 다리인 왼쪽 다리를 든 채 오른쪽 어깨의 근전도를 측정하였다. 두 번째 자세는 Fig. 3에서와 같이 동일한 조건에서 동측 다리인 오른쪽 다리를 든 채 오른쪽 어깨의 근전도를 측정하였다. 각 측정은 5초간 3회 실시 하였으며, 매 측정마다 2분의 휴식시간을 제공하였다.

2.5 분석방법

상부승모근, 하부승모근, 견갑거근, 극상근, 극하근, 삼각근 후면, 전거근, 대흉근의 근활성도를 정규화(normalization)하기 위해 Kendall 등(2005)이 제시한 근력 평가 방법에 따라 각 측정 근육의 길이가 최대 신장 상태에 비해 중간 정도의 길이를 가지는 상태인 정상 관절 가동범위의 중간 범위에서 최대 등척성 수축(maximal voluntary isometric contraction: MVIC)시 근활성도를 측정하였다.

상부승모근과 견갑거근의 경우 등반이 없는 의

자에 바로 앉은 자세에서 측정자가 측정하는 측의 어깨를 고정하고 실험대상자가 측정하는 어깨를 들어올리는 동작을 취하도록 하였으며, 하부승모근과 극상근, 극하근, 삼각근 후면의 측정은 실험대상자가 엎드려 누운 자세에서 측정하는 측의 팔꿈치를 펴고 팔을 바닥과 수평한 상태에서 90° 수평외전한 상태에서 평가자는 팔을 고정하고, 팔을 펴는 동작을 취하도록 실시하였다. 전거근은 실험대상자가 바로 누운 상태에서 어깨를 90° 굴곡한 후 팔꿈치를 편 후 측정자는 상완을 고정하고 실험대상자는 팔을 앞으로 쭉 뻗는 동작을 실시하였다. 대흉근의 측정은 바로 누운 자세에서 어깨를 90° 굴곡하고 고정한 후 팔을 수평내전 하는 동작을 실시하였다. 측정은 5초간 3회 반복 측정하며, 각 측정마다 5초 휴식하고 다른 근육의 최대 등척성 수축 측정 사이에는 2분간 휴식을 주었다. 측정 시간 5초 중 초기 1초와 마지막 1초 값을 제외한 중간 3초 동안의 근전도 신호의 평균값을 자료값으로 이용하였다.

측정된 모든 근전도 신호는 RMS (root mean square)를 이용하여 평균으로 정량화한 후 그룹간 비교를 위해 % MVIC로 표준화하였고, 실험 측정은 모두 같은 날 시행되었다. 근전도 신호의 주파수 대역폭 범위는 20~500Hz 사이로 정의하였으며, sampling은 1,000Hz, 대역 통과 필터(band pass filter) 15~500Hz, 그리고 노치필터(notch filter)는 60Hz로 획득하였다. 근전도 신호처리와 저장, 분석은 Myoresearch XP Mater 1.06(Noraxon Inc., U.S.A.)를 이용하였다.

본 연구에서 근전도 신호를 대상자간 그리고 근육 간 비교를 위해 표준화를 실시하였으며, 각 근육당 근전도 전극 간의 거리(interelectrode distance)는 약 1인치를 유지하였다. 본 연구에서는 SPSS 18.0을 사용하여 통계적 분석을 실시하였다. 모든 결과는 Kolmogorov-Smirnov 검정을 통해 정규성 검정을 실시하였으며, 다리 들기에 따른 각 근육의 상대적 근활성도를 비교하기 위해 paired t-test를 사용하였다. 통계학적 유의수준은 p<0.05로 설정하였다.

3. 결과 및 고찰

실험 결과 동측과 반대측 다리를 들기에 따라 어깨 근육의 활성도가 달라지는 것을 관찰할 수 있었다. 근전도 결과를 보면 우측 어깨와 동측인

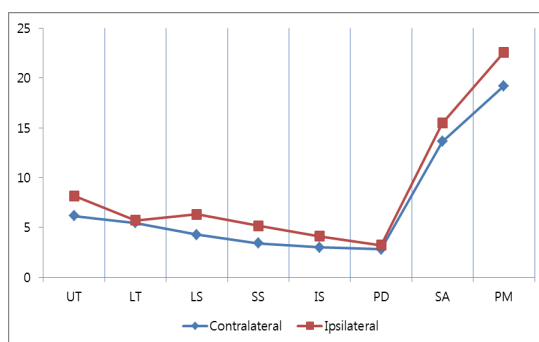


Fig. 4 EMG value of a subject contralateral and ipsilateral leg lifting

Table 3 Shoulder muscle activity according to the contralateral and ipsilateral leg lifting

Muscle	Contralateral leg	Ipsilateral leg	%	p
UT	5.59 ± 5.11	6.94 ± 5.15	24.12	.000*
LT	4.79 ± 3.98	4.07 ± 1.83	-15.03	.282
LS	4.53 ± 3.86	5.15 ± 3.65	13.51	.001*
SS	3.13 ± 2.11	4.00 ± 2.91	27.75	.015*
IS	2.77 ± 1.90	3.87 ± 3.22	39.70	.058
PD	2.17 ± 1.28	3.71 ± 5.24	71.29	.145
SA	11.17 ± 8.47	19.78 ± 11.59	77.08	.000*
PM	20.95 ± 14.22	31.99 ± 17.86	52.7	.000*

% = (Ipsilateral - Contralateral) / Contralateral

*p<0.05

우측 다리를 들 때, 근전도값이 향상되는 것을 발견할 수 있었다. 대표적 피험자의 raw data를 Fig. 4에 그래프로 나타내었고, 전체 피험자의 결과는 Table 3과 같다. 상부승모근의 경우 동측(오른쪽) 다리 들기시 반대측(왼쪽) 다리 들기에 비해 24.12% 높은 근활성도를 나타내었고, 통계적으로도 유의하였다(p<0.05). 하부승모근의 경우 평가 근육 중 유일하게 동측 다리 들기가 반대측 다리 들기에 비해 15.03% 감소한 결과를 나타내었지만, 통계적으로 유의성은 없었다(p>0.05). 견갑거근의 경우 동측 다리 들기가 13.51% 증가된 근활성도를 나타내며 통계적으로 유의한 결과를 나타내었다(p<0.05). 어깨 안정화에 중요한 역할을 담당하는 회선근개 근육 중 극상근의 경우 동측 다리 들기시 27.75% 높은 활성도를 보이며 통계적으로 유의한 결과를 나타내었고(p<0.05), 극하근의 경우 동측 다리 들기가 39.70% 증가된 근활성도를 나타내었으나, 통계적으로 유의성은 발견되지 않았다

($p>0.05$). 후삼각근의 경우 동측 다리 들기가 반대측 다리 들기에 비해 71.29% 증가된 근활성도를 나타내었으나 통계적으로 유의성은 나타나지 않았다($p>0.05$). 극하근과 후삼각근 모두 동측 다리 들기가 반대측 다리 들기에 비해 높은 근활성도를 나타내었으나, 통계적으로 유의하지 않은 이유는 높은 표준편차가 원인인 것으로 생각된다. 견갑골을 흉곽에 안정화 시키고, 견갑골 전인(protraction)에 가장 큰 역할을 담당하는 전거근의 경우 동측 다리 들기시 77.15% 증가된 근활성도를 나타내며 통계적으로 유의성을 나타내었다($p<0.05$). 대흉근의 경우 마찬가지로 동측 다리 들기시 52.72% 증가된 근활성도를 나타내며 유의한 증가를 나타내었다($p<0.05$). 회전근개는 어깨 안정화에 중요한 역할을 담당하는 근육이며, 그 중 극상근은 그 해부학적 위치상 어깨를 움직일 때 상완골두에서 발생하는 활주운동과 회전운동시 상완와관절에 가깝게 위치시켜 상완골두의 아탈구를 방지하는데 가장 큰 역할을 한다.¹² 전거근 또한 어깨가 3° 외전된 이후로 2°는 상완와관절에서 일어나고 1°는 견갑골에서 움직임을 제공하는 견갑상완리듬에 가장 큰 역할을 담당한다.⁶

본 연구에서는 동측 다리 들기시 극상근과 전거근의 활성도가 반대측 다리 들기에 비해 높아지는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구의 결과 중 대부분 어깨근 활성도가 반대측 다리 들기에 비해 동측 다리 들기시 높아진 이유는 신체의 중력 중심(center of gravity)이 동측 다리를 들 때 동측의 기저면(base of support)이 소실되는 것을 보상하기 위한 것이 한 가지 원인으로 추측되며, 또한 동측 다리를 들 때 신체의 중력 중심이 보다 소실된 기저면 측으로 가중되기 때문에 동측 어깨 근육의 활성도가 유의하게 높아진 것으로 생각된다.

본 연구의 결과 중 비록 통계학적 유의성은 발견되지 않았지만, 유일하게 하부승모근의 경우에만 반대편 다리를 들 때 동측 다리 들기에 비해 높은 근활성도를 나타낸 것은 반대측 다리인 왼쪽 다리 들기시 왼쪽 골반의 안정성을 제공하기 위해 오른쪽 하부승모근이 반대측 하부 체간근으로도 역할을 하였기 때문이라 짐작된다.

본 연구의 제한점은 대상자의 수가 적었다는 점과 침습근전도(needle EMG)가 아닌 표면근전도(surface EMG)를 사용하여 측정하였기에 근육간 간섭(interference) 현상을 배제할 수 없었다는 점이다.

4. 결론

본 연구는 어깨 재활에 있어 임상에서 가장 널리 쓰이는 어깨 안정화운동 방법인 PUP 동작시 동측 다리 들기와 반대편 다리 들기에 따른 어깨 근육의 활성도 변화를 살펴보았다. 어깨 안정화운동에 중요한 목적은 어깨를 둘러싼 근육을 강화시켜 어깨의 안정성을 증가시키는 것으로 그 방법은 단순한 PUP 동작에서부터 지지면을 불안정하게 하는 방법 등으로 점차 발전되어왔다. 본 연구의 결과 PUP 동작시 동측 다리 들기가 반대편 다리 들기에 비해 상부승모근과 견갑거근, 극상근, 전거근, 대흉근에서 유의하게 증가된 근활성도를 나타냄을 확인할 수 있었다.

특히 극상근은 어깨를 외전시키거나 초기 외회전 동작시 상완골두(humeral head)를 상완관절와(glenoid fossa)에 밀착시켜 어깨를 안정화 시키는데 일차적으로 주요한 역할을 제공하며,^{13,14} 또한 30~60°의 외전 동작시 삼각근의 과도한 작용으로 상완골두가 상완관절와 위쪽으로 전위(translation)되는 것을 막아주는 역할을 제공한다.¹⁵ 전거근은 팔을 들거나 움직일 때, 견갑골의 내측면(medial border)과 하각(inferior angle)을 흉곽에 밀착시켜 견갑골이 익상(winging)되는 것을 방지하여 어깨를 안정화시키는 역할을 제공한다.¹⁶ 따라서 PUP 동작시 동측 다리 들기는 어깨 안정화 운동의 효율성을 높이는 인체공학적 자료로 사용될 수 있을 것이다.

REFERENCES

1. Ludewig, P. M. and Reynolds, J. F., "The Association of Scapular Kinematics and Glenohumeral Joint Pathologies," *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, Vol. 39, No. 2, pp. 90-104, 2009.
2. Luime, J., Koes, B., Hendriksen, I., Burdorf, A., Verhagen, A., et al., "Prevalence and Incidence of Shoulder Pain in the General Population: A Systematic Review," *Scandinavian Journal of Rheumatology*, Vol. 33, No. 2, pp. 73-81, 2004.
3. Cailliet, R., "The Illustrated Guide to Functional Anatomy of the Musculoskeletal System," American Medical Association, 2004.
4. Sharkey, N. A. and Marder, R. A., "The Rotator Cuff Opposes Superior Translation of the Humeral Head,"

- The American Journal of Sports Medicine, Vol. 23, No. 3, pp. 270-275, 1995.
5. Ekstrom, R. A., Bifulco, K. M., Lopau, C. J., Andersen, C. F., and Gough, J. R., "Comparing the Function of the Upper and Lower Parts of the Serratus Anterior Muscle Using Surface Electromyography," *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, Vol. 34, No. 5, pp. 235-243, 2004.
 6. Glousman, R., Jobe, F., Tibone, J., Moynes, D., Antonelli, D., and Perry, J., "Dynamic Electromyographic Analysis of the Throwing Shoulder with Glenohumeral Instability," *The Journal of Bone & Joint Surgery*, Vol. 70, No. 2, pp. 220-226, 1988.
 7. Ludewig, P. M., Hoff, M. S., Osowski, E. E., Meschke, S. A., and Rundquist, P. J., "Relative Balance of Serratus Anterior and Upper Trapezius Muscle Activity during Push-Up Exercises," *The American Journal of Sports Medicine*, Vol. 32, No. 2, pp. 484-493, 2004.
 8. Kibler, W. B., "The Role of the Scapula in Athletic Shoulder Function," *The American Journal of Sports Medicine*, Vol. 26, No. 2, pp. 325-337, 1998.
 9. Lee, S., Lee, D., and Park, J., "The Effects of Changes in Hand Position on the Electromyographic Activities of the Shoulder Stabilizer Muscles during Push-Up Plus Exercises on Unstable Surfaces," *Journal of Physical Therapy Science*, Vol. 25, No. 1, pp. 125-128, 2013.
 10. Eliot, D. J., "Electromyography of Levator Scapulae: New Findings Allow Tests of a Head Stabilization Model," *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, Vol. 19, No. 1, pp. 19-25, 1996.
 11. Queisser, F., Blüthner, R., Bräuer, D., and Seidel, H., "The Relationship between the Electromyogram-Amplitude and Isometric Extension Torques of Neck Muscles at Different Positions of the Cervical Spine," *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, Vol. 68, No. 1, pp. 92-101, 1994.
 12. Yanagawa, T., Goodwin, C. J., Shelburne, K. B., Giphart, J. E., Torry, M. R., et al., "Contributions of the Individual Muscles of the Shoulder to Glenohumeral Joint Stability During Abduction," *Journal of Biomechanical Engineering*, Vol. 130, No. 2, Paper No. 021024, 2008.
 13. Hughes, R. E. and An, K.-N., "Force Analysis of Rotator Cuff Muscles," *Clinical Orthopaedics and Related Research*, Vol. 330, pp. 75-83, 1996.
 14. Burke, W. S., Vangsness, C. T., and Powers, C. M., "Strengthening the Supraspinatus: A Clinical and Biomechanical Review," *Clinical Orthopaedics and Related Research*, Vol. 402, pp. 292-298, 2002.
 15. Alpert, S. W., Pink, M. M., Jobe, F. W., McMahon, P. J., and Mathiyakom, W., "Electromyographic Analysis of Deltoid and Rotator Cuff Function Under Varying Loads and Speeds," *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, Vol. 9, No. 1, pp. 47-58, 2000.
 16. McClure, P. W., Michener, L. A., Sennett, B. J., and Karduna, A. R., "Direct 3-Dimensional Measurement of Scapular Kinematics During Dynamic Movements in Vivo," *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, Vol. 10, No. 3, pp. 269-277, 2001.