

근전도 바이오피드백을 적용한 어깨뼈 동적 안정화운동이 위등세모근, 큰가슴근 및 앞톱니근 활성에 미치는 영향

윤삼원¹, 강종호^{2*}

¹부산가톨릭대학교 대학원 물리치료학과, ²부산가톨릭대학교 물리치료학과

Effects of Scapular Dynamic Stabilization Exercise Applying EMG Biofeedback on Upper Trapezius, Pectoralis Major and Serratus Anterior Activities

Sam-Won Yun¹, Jong-Ho Kang^{2*}

¹Department of Physical Therapy, Graduate School of Catholic University of Pusan

²Department of Physical Therapy, Catholic University of Pusan

요약 본 연구의 목적은 근전도 바이오피드백을 적용한 어깨뼈 동적 안정화운동이 위등세모근, 큰가슴근 및 앞톱니근 활성도에 어떠한 영향을 주는지 알아보고자 하는 것이었다. 건강한 성인 남성 15명이 연구에 자발적으로 참여하였다. 수집된 자료의 분석은 대응표본 t-검정 방법을 사용하였다. 연구 결과, 근전도 바이오피드백 적용 시 위등세모근과 큰가슴근의 활성도가 유의하게 감소하였고($p < 0.01$), 앞톱니근의 활성도는 유의하게 증가하였다($p < 0.01$). 이를 통해 근전도 바이오피드백을 적용한 어깨뼈 동적 안정화 운동이 선택적으로 앞톱니근의 활성도를 증가시킬 수 있음을 알 수 있었다. 본 연구는 어깨뼈 동적 안정화 운동에 근전도 바이오피드백을 적용한 첫 연구라는 점에서 의미가 있다고 여겨진다.

키워드 : 근전도 바이오피드백, 어깨뼈 동적 안정화 운동, 위등세모근, 큰가슴근, 앞톱니근

Abstract The aim of this study was to investigate the effects of scapular dynamic stabilization exercise(SDex) with electromyography(EMG) biofeedback on the upper trapezius(UT), pectoralis major(PM) and serratus anterior(SA) activities. Fifteen healthy male voluntarily participated in this study. A paired t-test was used for statistical analysis. The study showed, through EMG biofeedback, that EMG activity significantly decreased in the UT, PM and increased in the SA($P < 0.05$). These results suggest that SDex with EMG biofeedback is effective to selectively strengthen the SA. This article is meaningful in that it is the first article using SDex with EMG biofeedback.

Key Words : EMG biofeedback, Scapular dynamic stabilization exercise, UT, PM, SA

1. 서론

앞톱니근은 복장빳장관절에 대한 회전의 수직축에 대해 내밎(Protraction)을 하는데 있어 지렛대 작용을 하는

근육이다. 어깨뼈 내밎의 힘은 관절오목, 위팔관절을 지나 전방으로 전달되어 밀기와 손을 뺏는 동작 등의 활동을 가능하게 해준다. 이러한 어깨뼈 내밎은 다른 근육에 의해 제공될 수 없으며 이는 정상적인 어깨관절의 기능

유지에 앞뿃니근이 필수적인 요소임을 의미한다[1].

앞뿃니근은 정상 어깨위팔리듬(Scapulohumeral rhythm)을 유지하는데 가장 중요한 요소 중 하나다. 앞뿃니근 훈련과 어깨뼈안정화와 협응을 증가시키기 위한 운동으로 단련 사슬운동의 어깨뼈 동적 안정화운동이 권장되어 왔다. 하지만 비정상적인 어깨위팔리듬은 특정 방향에서의 보상운동이 나타나며 스트레스가 가해질 수 있다. 앞뿃니근 활성도가 저하되면 어깨뼈의 상방회전이 필요 이상으로 발생되지 않고, 앞뿃니근을 대신하여 위등세모근의 활동이 활발해 진다. 따라서 상방회전은 잘 일어나지 않고 어깨뼈의 올림이 발생되어 어깨가 위로 올라가는 동작이 일어나게 되는데 이것은 어깨 올림의 비정상적인 운동 동원 순서를 의미한다.뿐만 아니라 앞뿃니근의 활동 저하시 위등세모근뿐만 아니라 큰가슴근의 보상작용도 가능하다[2]. 효과적인 어깨 동적 안정화 운동을 적용하기 위해서는 어깨 주위 안정근들 사이의 균형적인 조절 능력의 회복에 중점을 두고 시행하여야 한다. 최근 많은 연구에서 운동 중 보상작용을 감소시키고 근육 사이에 근활성 균형을 향상시키기 위하여 선택적 수축과 바이오 피드백을 이용하였으며, 이러한 운동은 일반적인 운동보다 효과를 더욱 증가시킨다고 주장되었다[3,4]. 바이오피드백은 무의식적으로 조절되는 생리적인 반응을 여러 가지 도구를 사용하여 생리적 반응을 스스로 확인하여 대상자의 의지대로 움직임의 조절할 수 있다[5]. 주로 사용되는 바이오피드백은 근전도와 혈압인데 최근에 심전도뿐만 아니라 뇌전도에 관한 연구까지 시행되어 왔으며 그 효과도 입증되었다[6-8].

Vieira(2016) 등은 장딴지근과 가자미근의 활성도를 저하시키고 앞정간근의 활성도를 축진을 억제하는 방법으로 바이오 피드백을 이용하는 것이 효과적이라고 보고 하였다[6]. 하지만 근전도 바이오피드백을 결합한 어깨뼈 동적 안정화운동이 큰가슴근, 위등세모근 그리고 앞뿃니근 활성도에 미치는 영향을 관찰한 연구는 많이 부족하다. 따라서 본 연구의 목적은 정상인들을 대상으로 어깨뼈 동적 안정화 운동을 시행할 때 위등세모근과 큰가슴근 활성도에 대한 근전도 바이오피드백 제공이 위등세모근, 큰가슴근 그리고 앞뿃니근 활성도에 미치는 영향을 조사하는 것이다. 본 연구의 가설은 근전도 바이오피드백을 결합한 어깨뼈 동적 안정화운동 시 큰가슴근, 위등세모근의 활성도는 감소시키고, 앞뿃니근의 활성도는 증가시킬 것이라고 설정하였다.

2. 연구방법

2.1 연구 대상자

본 연구는 건강한 20대 성인 남성 15명을 대상으로 실시하였다. 본 연구에 대한 목적과 운동 방법에 대한 설명을 듣고 실험에 동의하며 연구 참여 동의서에 서명한 사람을 대상으로 선정하였다. 연구대상자들의 선정기준은 다음과 같다.

- 1) 어깨뼈 익상(Winging)이 없는 자
- 2) 최근 6개월 내에 앞뿃니근의 강화운동을 하지 않은 자
- 3) 실험 참여 시점에서 과거 6개월 동안 어깨의 통증이 없는 자
- 4) 어깨 충돌증후군의 양상을 보이지 않는 자
- 5) 어깨 동적안정화 운동 시 큰가슴근이나 위등세모근을 사용하는 자

2.2 실험 방법

모든 연구대상자는 두 가지 조건에서 어깨뼈 동적 안정화 운동을 시행하였다. 첫 번째 조건에서 바이오피드백을 적용하지 않았고, 두 번째 조건에서는 바이오피드백을 적용하였다. 첫 번째 조건에서 어깨뼈 동적 안정화 운동 수행 시 위등세모근과 큰가슴근 그리고 앞뿃니근의 활성도를 측정하였다. 두 번째 조건에서도 어깨뼈 동적 안정화 운동을 실시하였으나 큰가슴근과 위등세모근의 과도한 수축을 방지하기 위하여 시각적, 청각적 바이오 피드백을 제공하였다. 어깨뼈 동적 안정화 자세를 유지하는 5회 반복, 5초 동안 모니터를 통해 큰가슴근과 위등세모근의 활성도를 실시간으로 시각적 정보를 제공 하였으며 최대 등척성 수축의 10% 이상의 근 활성도를 보였을 때 바이오피드백을 시각적, 청각적으로 제공하였다.

2.3 측정 방법 및 도구

2.3.1 표면 근전도 기구

바이오피드백 미적용과 적용 시 우세측 위등세모근, 큰가슴근 그리고 앞뿃니근의 활성도를 측정하기 위하여 표면 근전도(LXM3204, LAXTHA Inc., 한국)를 사용하였으며, Telescan 프로그램을 이용하였다. 피부저항을 최소화하고 전극의 부착을 용이하도록 소독용 알코올 솜으로 피부를 깨끗이 닦아낸 후 부착하였다[9]. 표면전극은 지름이 30mm인 소형 표면전극(3M, USA)을 사용하였으

며 전극 간의 거리를 2cm로 유지하여 근섬유 방향에 평행하게 부착하였다. 밴드패스 필터는 10~400 Hz를 사용하였으며, 근전도 신호는 제곱 평균 제곱근법으로 처리하여 분석하였다. 각 근육의 전극 부착 위치는 기존의 연구들을 참조하여 결정하였다[10,11].

2.3.2 전극 부착 부위

위등세모근 : 근 섬유와 평행한 방향의 어깨뼈봉우리와 일곱 번째 목뼈의 가시돌기 가운데 사이

- 1) 큰가슴근 : 빗장뼈의 2cm 아래에서 사선 방향으로 앞겨드랑이 주름의 중간 부위
- 2) 앞뒀니근 : 넓은등근의 앞쪽 경계로 어깨뼈 아래 끝 높이
- 3) 접지전극: 어깨뼈 봉우리 중앙

2.3.3 근활성도 정규화

각 근육의 근활성도 정규화를 위해 근육별 최대 등척성수축(Maximal voluntary isometric contraction; MVIC)을 측정하였다. 최대 등척성수축시 대상자의 자세는 표준화된 맨손근력자세에서 시행되었다[12,13]. 위등세모근의 최대 등척성 수축은 앉은 자세에서 시행되었으며, 우세측 어깨의 올림과 목의 동측 가쪽굽힘, 반대 측으로 회전한 상태에 대해 어깨와 뒀통수부 저항을 적용하였다. 큰가슴근은 똑바로 누운자세에서 팔꿈치는 펴고 어깨는 90° 굽힘 그리고 안쪽돌림 한 상태에서 시행되었다. 저항은 아래팔에 수평 벌림 되는 방향으로 적용하였다. 앞뒀니근의 최대 등척성 수축은 앉은 자세에서 어깨를 안쪽돌림 한 후 어깨뼈 면에서 120° 벌림 된 자세에서 측정되었으며, 저항은 대상자의 팔꿈치 인접 부위에 적용하였다. 각 근육의 최대 등척성수축 동안 근 활성도를 반복 3회 측정하였다. 5초 동안 데이터를 RMS 처리 한 후 시작과 끝의 1초를 제외한 가운데 3초 동안의 평균 근전도 신호량을 %MVIC로 사용하였다.

2.4 운동 방법

본 연구는 슬링운동 시스템을 이용한 어깨뼈 동적 안정화운동을 실시하였다. 어깨뼈 동적 안정화 운동은 핵심 근육인 앞뒀니근을 강화시키고 어깨뼈의 동적 안정성을 높이기 위한 운동이다. 대상자는 Fig. 1의 자세와 같이 무릎으로 선 자세로 팔꿈관절은 펴하여 손잡이를 잡고

어깨관절은 90° 이하가 되도록 줄 높이를 맞추었다. 얼굴의 방향은 목 회전으로 인한 위등세모근의 활성화에 영향을 줄이기 위하여 전방을 주시하였고, 목 이 뒤로 넘어 가지 않고 편한한 자세를 유지 하였다.허리뼈는 중립자세를 유지시키고, 몸은 앞으로 기댄 후 매달리도록 하였다. 이때, 허리를 뒤로 젖힌 동작 혹은 앞으로 굽힌 동작은 지양 하였으며 팔꿈관절도 곧게 편 상태를 유지하도록 하였다[14]. 위 등세모근과 큰가슴근의 최대 등척성수축의 10%를 산출하여 어깨뼈 동적 안정화 운동 시 보상 근육의 활성도를 감소시키기 위한 역치로 사용하였다 [15].

2.5 분석방법

실험을 통하여 수집된 자료는 SPSS ver. 24.0 프로그램을 이용하여 처리하였다. 근전도 바이오피드백 적용 유·무에 따른 위등세모근, 큰가슴근 그리고 앞뒀니근의 활성도 차이를 비교하기 위하여 대응표본 t-검정 방법(Paired t-test)을 사용하였고, 유의수준은 0.05로 설정 하였다.



Fig. 1. Scapular dynamic stabilization exercise

3. 결과

근전도 바이오피드백 적용 여부에 따른 위등세모근,

큰가슴근 그리고 앞톱니근의 활성화 변화는 Table 1과 같다. 바이오 피드백을 적용하였을 경우위등세모근과 큰가슴근의 활성화는 유의하게 감소하였고, 앞톱니근의 근활성도는 증가하였다.

Table 1. Muscle activity value according to whether biofeedback is applied during shoulder bone dynamic stabilization exercise (Unit: %MVIC)

	nBF	BF	p	t
UP	26.18±12.93	11.37±5.25	0.01	6.46
PM	18.26±6.85	10.13±3.25	0.01	6.7
SA	25.48±7.25	41.41±10.60	0.01	6.7

mean±standard, p<0.05, UP:upper trapezius, PM:pectoralis major, SA:serratus anterior, nBF:non biofeedback application, BF:biofeedback application

4. 고찰

본 연구는 정상인들을 대상으로 어깨뼈 동적 안정화 운동을 시행할 때 위등세모근과 큰가슴근 활성화도에 대한 근전도 바이오피드백 적용이 위등세모근, 큰가슴근 그리고 앞톱니근 활성화도에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 근전도 바이오피드백을 적용하지 않은 어깨 동적 안정화 운동 시 위등세모근과 큰가슴근 그리고 앞톱니근의 활성화도는 26.18%, 18.26% 그리고 25.48%였으며 근전도 바이오피드백을 적용한 어깨 동적 안정화 운동 시 근 활성화도가 11.37%, 10.13% 그리고 41.41%까지 유의하게 증가하였다. 이와 같은 결과를 통해 근전도 바이오피드백은 어깨 동적안정화 운동 시 큰가슴근과 위등세모근의 보상작용을 감소시키고 앞톱니근의 활성화도를 증가시키는 것을 알 수 있었고 본 연구의 가설 또한 지지되었다.

차상민(2017) 등은 발의 정렬이 정상적인 대상자에게 근전도 바이오피드백과 동시에 숏 풋 운동을 수행한 그룹이 숏 풋 운동만 수행한 그룹보다 엄지벌림 근의 활성화도와 엄지벌림 근/앞정강근 비율이 더 높은 유의한 향상을 나타냈으며 앞정강근의 보상작용도 유의하게 감소하여 근전도 바이오피드백을 결합한 숏 풋 운동이 보상작용은 감소시키며 선택적 근력강화에 효과적인 운동방법이라고 제시하였다[16]. 본 연구에서도 단힌사슬 운동인 어깨 동적 안정화 운동 시 근전도 바이오피드백제공이 앞톱니근의 선택적 강화에 효과적이라는 것을 증명하였

다.

근전도를 이용한 바이오피드백 장비는 다소 고가임으로 쉽게 접근하기 어려운 실정이다. 그러나 최근 과학기술의 발달로 인하여 장비의 가격이나 이용도는 늘어가고 있는 추세이다. 정밀함은 시중의 기계보다 다소 떨어지지만 만들어 쓸 수 있는 아두이노와 같은 장비들이 개발이 조금씩 진행되고 있다. 더욱이 최근 과학 기술의 비약적인 발전으로 인해 근전도뿐만 아니라 다양한 생체정보의 융합적인 시스템 및 기술들이 나오고 있으며, 현재 스마트폰용 홍채인식, 혈압, 심전도 및 심박변이도 측정과 같이 모바일기기와 바이오정보를 융합한 기술이 활발히 개발되고 있다[17-19]. 뿐만 아니라 스마트워치나 갤럭시기어 등 손목에 차는 웨어러블 기기들이 이미 개발되었으며 컴퓨터, 네트워크 그리고 디스플레이와 호환이 가능하다는 것이 특징이다[20]. 이러한 기술을 통하여 근전도와 스마트 기기가 융합이 가능한 시점에 도달하였지만 아직 관심이 부족한 실정이다. 앞으로의 연구에서 홍채인식, 심전도 및 심박변이도와와의 융합 기술 개발뿐만 아니라 근전도와 스마트 기기 융합 기술 개발이 이루어진다면 어깨뼈 동적 안정화 운동을 더욱 효과적이고 간편하게 할 수 있다고 사료된다.

REFERENCES

- [1] D. A. Neumann. (2002). *Kinesiology of the Musculoskeletal System* London : Spring Books.
- [2] P. M. Ludewig & T. M. Cook. (2000). Alterations in shoulder kinematics and associated muscle activity in people with symptoms of shoulder impingement. *Physical Therapy, 80(3)*, 276-291. DOI : 10.1093/ptj/80.3.276
- [3] H. Y. Huang, J. J. Lin & Y. L. Guo. (2013). EMG biofeedback effectiveness to alter muscle activity pattern and scapular kinematics in subjects with and without shoulder impingement. *Journal of Electromyography and Kinesiology, 23(1)*, 267-274. DOI : 10.1016/j.jelekin.2012.09.007
- [4] T. M. Vieira, S. Baudry & A. Botter. (2016). Young, healthy subjects can reduce the activity of calf muscles when provided with EMG biofeedback in upright stance. *Frontiers in Physiology, 29(7)*, 158. DOI : 10.3389/fphys.2016.00158
- [5] B. K. Lee. (2006). Stress Reduction by

- Biofeedback-Assisted Relaxation & Deep Breathing. *Korean Psychological Association Annual Conference*, 25(3), 603-622.
- [6] J. W. Kim, M. J. Lee, K. M. Ko & K. Y. So. (2016). Technique for the ECG Bio-sounds Visualization Analysis Based on the MIT-BIH Database. *Journal of Digital Contents Society*, 17(2), 97-103.
DOI : 10.9728/dcs.2016.17.2.97
- [7] H. J. Roh. (2006). A Study for the Analysis of the Program Efficacy with Multimedia to Enhance Brain Activity. *Journal of Digital Contents Society*, 7(1), 15-23.
- [8] J. H. Kim, S. W. Shin, H. T. Kim & T. H. Yoon. (2012). Estimation of Heart Rate Variability with an Android Smart Phone Platform. *The Transactions of The Korean Institute of Electrical Engineers*, 61(6), 865-871.
DOI : 10.5370/KIEE.2012.61.6.865
- [9] S. Y. Park & J. H. Shim. (2014). Effect of 8 Weeks of Schroth Exercise (Three-dimensional Convergence Exercise) on Pulmonary Function, Cobb's Angle, and Erector Spinae Muscle Activity in Idiopathic Scoliosis. *Journal of the Korea Convergence Society*, 5(4), 61-68.
DOI : 10.15207/JKCS.2014.5.4.061
- [10] J. R. Cram, G. S. Kasman & J. Holtz. (1998). *Introduction to Surface Electromyography*. Gaithersburg : Aspen Pub.
DOI : 10.1016/s0031-9406(05)61482-4
- [11] L. J. Lear & M. T. Gross. (1998). An electromyographical analysis of the scapular stabilizing synergists during a push-up progression. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 28(3), 146-157.
DOI : 10.2519/jospt.1998.28.3.146
- [12] F. P. Kendall & E. K. McCreay. (1983). *Muscles Testing and Function(3rd ed)*. Baltimore : Williams & Wilkins.
- [13] R. A. Ekstrom, G. L. Soderberg & R. A. Donatelli. (2005). Normalization procedures using maximum voluntary isometric contractions for the serratus anterior and trapezius muscles during surface EMG analysis. *Journal of Electromyography Kinesiology*, 15(4), 418-428.
DOI : 10.1016/j.jelekin.2004.09.006
- [14] H. Y. Kim, S. Y. Kim, H. J. Jang & M. K. Joo. (2012). Effect of Scapular Stabilization Exercise on Patients With Neck Pain Classified According to Passive Scapular Elevation Test. *Physical Therapy Korea*, 19(3), 51-60.
DOI : 10.12674/ptk.2012.19.3.051
- [15] J. Martins, H. T. Tucci & R. Andrade. (2008). Electromyographic amplitude ratio of serratus anterior and upper trapezius muscles during modified push-ups and bench press exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(2), 477-484.
DOI : 10.1519/JSC.0b013e3181660748
- [16] S. M. Cha, M. H. Kang, D. C. Moon & J. S. Oh. (2012). Effect of the Short foot Exercise Using an Electromyography Biofeedback on Medial Longitudinal Arch During Static Standing Position. *Physical Therapy Korea*, 24(1), 9-18.
DOI : 10.12674/ptk.2017.24.1.009
- [17] K. H. Kwon & H. B. Lee. (2008). Design and Implementation of Pulse Monitoring System for U-Healthcare. *Journal of Digital Contents Society*, 9(4), 601-606.
- [18] S. H. Lee. (2014). User Authentication Using Biometrics and OTP in Mobile Device. *Journal of Convergence for Information Technology*, 4(3), 27-31.
- [19] S. H. Yun. (2017). The Biometric Authentication Scheme Capable of Multilevel Security Control. *Journal of the Korea Convergence Society*, 8(2), 9-14.
DOI : 10.15207/JKCS.2017.8.2.009
- [20] Y. Z. Li & Y. S. Choi. (2015). Design and Implementation of Wearable Device using Lithium Polymer consist of Peltier. *Journal of Convergence for Information Technology*, 5(2), 15-20.

저 자 소 개

윤 삼 원(Sam-Won Yoon)

[학생회원]



- 2015년 2월 : 부산가톨릭대학교 물리치료학과 학사
- 2016년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 물리치료학과 석사

<관심분야> : 물리치료, 융합

강 종 호(Jong-Ho Kang)

[정회원]



- 2000년 2월 : 한국방송통신대학교
보건학과 학사
- 2005년 2월 : 대구대학교 물리치료
전공 석사
- 2008년 2월 : 대구대학교 물리치료
전공 박사
- 2012년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 물리치료학과
교수

<관심분야> : 물리치료, 스포츠, 중소기업, 융합