

# Effect of Neck Position on Muscle Fatigue during Shaker Exercise

Eun-Jung Park<sup>1</sup>, Jung-Wan Koo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Occupational Therapy, Department of Rehabilitation Medicine, Seoul Asan Medical Center, Seoul, 138-736

<sup>2</sup>Department of Occupational and Environmental Medicine, Center for Occupational and Environmental Medicine, Seoul St. Mary's Hospital, The Catholic University of Korea, Seoul, 150-713

## ABSTRACT

**Objective:** The aim of this study is to find the influence on muscle fatigue by changing an angle of neck while Shaker exercise. **Background:** Shaker exercise is commonly applied to dysphagia patients for strengthen suprahyoid muscle(SHM) and relaxing upper esophageal sphincter. **Method:** Experiments were conducted by measuring muscle fatigue with surface electromyography(SEMG) in case of neck 15° and 50° flexion, in addition to original method. For the study 30 undergraduate students were participated as subjects. Muscle fatigue was measured with variations of median frequency(MF) and median frequency slope(MFS) by attaching SEMG to 3 muscles. At the same time, perceived exertion was measured by using Borg's rating of perceived exertion(RPE). **Results:** A MF was increased when low angle in SHM, both male and female. It means that muscle fatigue was significantly decreased( $p<.05$ ). RPE was significantly increased when low angle( $p<.01$ ). Perceived exertion explained 15.2% of the variation of MF in SHM. And regression equation was, MF in SHM = 59.918 + (4.910 \* RPE). **Conclusion:** The outcome shows that it is possible to use the efficient method which makes muscle fatigue decrease by reducing the angle of neck flexion. **Application:** The results might contribute to develop the effective Shaker exercise method.

Keywords: Muscle fatigue, Shaker exercise, Surface electromyography

## 1. Introduction

침이나 음식물이 입에서 위까지 이동하는 생리적인 과정을 삼킴이라 하며(Wylie, 1989) 삼키는 과정 중 인두기는 불수의적인 부분이 많이 포함되어 있지만 운동으로 의식적인 움직임이 가능하다(Kuhlemeier et al., 1993). 이중 Shaker 운동은 설골상근과 설골하근의 힘과 지구력을 향상시켜 말하고 삼키는 기능을 강화할 수 있다(Hurme et al., 1999). 외재근인 설골상근, 설골하근, 흉쇄유돌근은 가성대

진동을 조절하는데 영향을 주며(Caryn, 2008), 이중 설골상근은 후두를 상전방으로 이동시켜 성대의 수축을 향상시켜 후두폐쇄를 도와 음식의 인두기 진행 시 기도를 보호한다(Dodds et al., 1990). 하지만 비구강 식이 환자를 대상으로 Shaker 운동과 혀 운동 그룹을 비교한 Daniels et al.(2003)의 연구에서는 설골상근의 이동이 그룹간에 차이가 나타나지 않았으며, Antinoja et al.(2009)의 연구에서도 Shaker 운동 시 설골의 움직임이 향상되지 않았다고 하였다. 운동의 효과를 보기 위한 객관적인 평가도구로 이 연구들에서는 비디오 투시 조영 검사를 사용하였으며 이는 근육의 움직임

Corresponding Author: Jung-Wan Koo. Department of Occupational and Environmental Medicine, Center for Occupational and Environmental Medicine, Seoul St. Mary's Hospital, The Catholic University of Korea, Seoul, 150-713.

Mobile: +82-10-9139-1402, E-mail: jwkoo@catholic.ac.kr

Copyright©2013 by Ergonomics Society of Korea(pISSN:1229-1684 eISSN:2093-8462). All right reserved.

©This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. <http://www.esk.or.kr>

양상에 대해서는 정확히 제시하기 어렵다(Baijens et al., 2010).

표면 근전도(surface electromyography)는 선택된 근육의 수축에 대한 진폭과 타이밍에 대한 정보를 비침습적으로 제공할 수 있다. 전극 아래에 있는 근육의 복합적인 움직임을 측정하여 한 근육만 활성화 되어도 이것을 분별해 낼 수 있어(Palmer, 1989) 신경학적 손상으로 인한 삼킴장애 환자에게 사용할 수 있다(Perlman, 1993). 분석 시 사용하는 중간 주파수(median frequency)는 활동전위 속도, 속근 섬유유의 동원비와 조성비에 비례하여 중간 주파수의 감소는 피로도의 증가와 근력 발생의 감소를 나타내는 지표로 사용된다(Eviatar et al., 2005). 그러나 중간 주파수가 비정상적으로 적을 경우, 그 원인이 피로로 인한 것인지 근육의 약화로 인한 것인지 판단하기 어렵기 때문에(Dolan and Mannion, 1996) 피로를 관찰하기 위해서는 중간 주파수의 선형회귀 직선을 구한 후 기울기를 변수로 사용해야 한다. 등척성 운동 시 근육의 근전도를 주파수 평면에서 분석해 보면 피로가 쌓여감에 따라 활성화 에너지의 전달속도가 느려지고, 속근 섬유의 동원이 감소하는 반면 지근 섬유의 동원이 증가하여 근전도 신호의 고주파 성분이 약해지게 된다(Knaflitz et al., 1990). 고주파 성분이 약해지면 중간 주파수 또한 작아지게 되고 피로도가 높으면 추세선의 기울기가 커지기 때문에 중간 주파수 기울기(median frequency slope)는 근 피로도의 중요한 지표로 사용할 수 있다(Beattie and Eberstein, 1985).

Shaker 운동을 적용 시 목을 들어 올리는 정도에 대한 정확한 방법이 제시되어 있지 않아(Ferdjallah et al., 2000) 목 들기 각도에 따라 중력에 의한 저항 정도에 차이가 생겨 임상가에 따른 운동 효과가 다르게 나올 수 있다는 문제가 제기될 수 있다. 기존 연구에서 앉은 자세에서 목의 굴곡 정도가 크면 피로도가 증가하고(Mirka et al., 1998), 목 근육의 근력을 측정할 때 저항의 방향에 따라 근력이 다르게 나온다는 보고가 있다(Shrawan, 2001). 또한 기도 보호를 증진시키기 위해 고개 숙이기(chin tuck posture)를 시행할 경우, 목을 숙이는 자세 차이에 따라 삼킴 기능에 도움 정도가 다르다고 보고되었지만(Eiichi et al., 2007), Shaker 운동 적용 시에 목을 들어 올리는 각도 차이에 대한 연구가 진행되지 않았다.

따라서 본 연구의 목적은 정상 성인을 대상으로 Shaker 운동을 시행할 때 목 들기 각도에 따라 설골상근, 설골하근과 흉쇄유돌근에 근전도 분석을 시행하여, 근 피로도를 최소화할 수 있는 목 들기 각도를 찾아내는 것으로 운동을 적용할 때 효율적이며 임상적으로 유용한 방법을 찾는 것이다.

## 2. Method

### 2.1 Subjects

본 연구는 대학교에 재학중인 20대 성인을 대상으로 실험 전에 연구의 목적과 방법에 대해 충분히 설명을 듣고 자발적으로 실험에 참여하기로 한 사람을 대상으로 하였다. 근전도의 측정 방법을 향상시키기 위해 신체질량지수(body mass index; BMI)가 18.5에서 24.9 사이에 해당하는 대상자로 선정하여 연부조직의 동질성을 최대한 유지하였다(Beith and John, 2007). 설골상근, 설골하근, 흉쇄유돌근의 근 피로도를 분석하기 위하여 뇌손상, 신경학적 장애, 근질환, 목에 수술이나 기타 병변으로 인한 치료의 경험이 없어 외형적으로 건강하고 현재 음식 삼킴장애를 겪지 않는 남 13명, 여 17명을 대상으로 하였다(Table 1).

Table 1. General characteristics of the subjects

Subjects	N (%)	Age (yr.)	Height (cm)	Weight (kg)	(Mean $\pm$ SD)
					BMI (kg/m <sup>2</sup> )
Male	13(43.3)	26.3 $\pm$ 2.4	176.2 $\pm$ 0.7	72.0 $\pm$ 8.5	23.1 $\pm$ 1.9
Female	17(56.6)	24.1 $\pm$ 3.3	162.1 $\pm$ 0.1	52.5 $\pm$ 5.3	20.1 $\pm$ 1.7
Total	30(100.0)	25.0 $\pm$ 3.1	169.1 $\pm$ 0.1	60.9 $\pm$ 11.9	21.4 $\pm$ 2.4

### 2.2 Experimental equipment

표면 근전도 검사는 MyoSystem 1200(Noraxon Inc., Scottsdale, AZ, U.S.A.)을 사용하였고, 근전도 소프트웨어인 MyoResearch XP Master edition 1.06을 사용하여 자료를 수집하였다. 자료 수집을 위한 표면전극은 지름 1cm, 전극간의 거리는 2cm인 일회용 이극표면전극(disposable bipolar surface electrode)을 사용하였고, 접지전극(ground electrode)은 지름이 1cm인 일회용 일극표면전극(disposable unipolar surface electrode)을 사용하였다. 근전도 신호의 표본추출률은 1,000Hz로 하였고, 유한 임펄스 응답 필터(finite impulse response filter)로 20Hz에서 500Hz의 범위로 대역통과 필터(band-pass filter)를 사용하였다. 전파 정류(full wave rectification) 과정과 평활화(smoothing) 과정으로 root mean square를 사용하였다(Park et al., 2009). 증폭된 근전도 신호는 아날로그-디지털 변환기에 의해서 1초에 1,024개의 디지털 신호로 변환시켜 1,000Hz의 비율로 샘플링 하여 기록하였다. 자료를 수집한 후 평균 스펙트럼(average spectrum)으로 분석하였다.

신체활동의 강도를 측정하기 위해 자신의 느낌을 언어적

방법으로 표현하는 가장 대표적인 도구로 Borg-RPE 척도가 있다(Cho et al., 2000). 1960년대 심리학자인 Borg에 의해 개발된 이 척도는 중추와 말초 부위의 피로도를 종합해서 인체가 느끼는 자각 정도를 나타내는 것으로 신체활동의 강도를 설정하는데 이용되어 왔으며 신체활동의 양과 질을 조절하는 기준이 되기도 한다(Chen et al., 2002). 척도는 심박수 추정이 가능한 20점 척도가 있으나 이 연구에서는 운동의 힘든 정도만 구별할 수 있고, 척도가 더 간편하여 피험자가 쉽게 접근할 수 있는 10점 척도를 사용하였다.

### 2.3 Procedure

실험 전 연구대상의 성별, 연령, 키, 몸무게의 일반적 특성을 조사하였다.

Shaker 운동은 등척성 운동만을 시행하였으며 바로 누운 자세에서 시작하여 머리를 발끝이 보일 정도로 충분히 들어 올려 60초 동안 유지하는 것이다(Figure 1). 검사를 시행하기 전 목 들기 각도를 대상자에게 구두 및 그림으로 제공하였으며 각도는 기존 방법인 발끝보기(경부 굴곡 30°)에서 Eiichi et al.(2007)의 연구를 기반으로 가장 낮게 머리를 들어 올리는 턱 당기기(경부 굴곡 15°)와 최대한 머리를 많이 들어 올리는 최대 굴곡(경부 굴곡 50°)을 추가하였다. 각 각도의 측정은 관절 각도계로 숙련된 한 명의 작업치료사가 시행하였다.



Figure 1. Method of Shaker exercise

표면 근전도 부착 전 실험 결과에 영향을 줄 수 있는 기술적 오류를 피하고 신호에 대한 피부 저항을 감소시키기 위해 피부에 있는 털을 제거하였다. 부착 부위에 소독용 알콜솜으로 닦은 후 소량의 전해질 젤을 바른 표면전극을 피부에 배치하였다(Han, 2005). 전극의 부착 부위는 Ferdjallah et al.(2000)의 연구에서 이용한 방법으로 설골상근의 전극은 턱끝 윗돌 부위에서 설골에 이르는 근위부 2/3 지점의 1cm 외측 부위에 부착하였다. 설골하근의 전극은 흉골병의 중심에서 설골의 원위부 2/3 지점에 부착하였다. 흉쇄유돌근의 전극은 근육의 중간에 위치하도록 하였다(Figure 2). 참고극은 척골의 붓돌기에 부착하였다. 근전도의 잡음을 최소화

하기 위해 채널 연결선을 테이프로 고정시켰다.

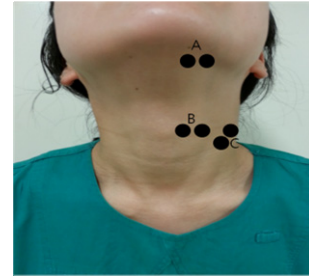


Figure 2. Electrode position(A, Suprahyoid muscle; B, Infrahyoid muscle; C, Sternomastoid muscle)

시작 자세에서 편안한 상태로 있게 한 후 5분 이상 유지하게 하여 몸의 긴장을 이완시키게 하고 측정 전 근전도 신호가 정상적인지와 표식자가 분명하게 인식되는지를 확인한 후 실험을 진행하였다. 자세를 일정하게 유지하도록 하기 위하여 초기 목 들기 각도를 측정한 후 검사자는 피검자의 자세가 유지되는지, 어깨, 등, 흉곽에 추가적인 힘이 들어가는지를 지속적으로 확인하여 피검자에게 언어적 지시를 하였다. 목 들기 각도의 순서는 무작위로 실시하였으며 목 각도를 변경하기 전 10분의 휴식을 제공하여 근전도 값이 15 $\mu$ V 이하가 되도록 데이터 취득 전 여유를 두었다(Chen et al., 2002). 세 가지 각도를 순차적으로 하여 실험을 진행할 경우 마지막 각도에서 근피로 누적으로 인하여 정확한 실험이 어려울 것을 고려하여 시행 순서에 따른 피로에 대한 오차를 줄이기 위해 목 자세는 임의의 순서로 시행하도록 하였다(Hagg et al., 1987).

측정한 결과는 근전도 내에 있는 메모리 칩에 저장한 후 컴퓨터에 연결된 프로그램으로 분석하였으며 중간 주파수, 중간 주파수 기울기를 측정치로 사용하여 설골상근, 설골하근, 흉쇄유돌근의 피로도를 분석하였다.

### 2.4 Statistical analysis

본 연구의 자료 통계 처리는 윈도우용 SPSS(Ver.12.0)를 이용하였다. 연구 대상자의 일반적인 특성은 기술통계량을 이용해 평균과 표준 편차로 나타내었다. 세 가지 근육의 목 들기 각도와 성별에 따른 피로도는 평균과 표준편차로 나타내었고, 피로도에 영향을 알아보기 위해 중간 주파수, 중간 주파수 기울기, 주관적 운동 강도는 이원분산 분석하였다. 유의한 차이가 나타날 경우 사후 검정은 Tukey 검증을 사용하였다. 목 들기 각도의 변화에 따른 중간 주파수와 주관적 운동 강도의 관계는 회귀 분석으로 회귀 방정식을 구하

었다. 데이터는 피실험자별 평균값으로 처리하였고 통계학적인 유의성을 검증하기 위한 유의수준  $\alpha$ 는 .05로 설정하였다.

### 3. Results

#### 3.1 Median frequency and median frequency slope at three muscles

중간 주파수를 이용하여 설골상근(SHM), 설골하근(IHM), 흉쇄유돌근(SCM)의 각도와 성별에 따른 피로도를 나타낸 결과는 Table 2와 같다. 설골상근의 중간 주파수는 성별 간 유의성은 없었으나, 목 들기 각도가 증가할수록 중간 주파수의 값이 유의하게 감소하여 피로도가 더 증가하는 것으로 나타났다( $p < .05$ ).

사후 분석으로 Tukey 검정 결과 세 가지 각도 중 15°와 50°에서 유의한 차이가 있었으며 15° 목 들기는 50°에 비해 피로도가 덜한 것으로 나타났다( $p < .05$ ). 설골하근과 흉쇄유돌근에서는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

중간 주파수 기울기는 중간 주파수를 0.5초당 샘플시간주기로 분할하여 분석한 데이터 추세선의 기울기를 나타내는

것이다. 그 값이 클수록 기울기 변화의 폭이 크다는 것을 의미하며 급격한 기울기 감소는 피로도가 급격하게 증가하는 것을 나타낸다. 각 근육의 중간 주파수 기울기는 모두 음의 값으로 나타나 피로가 증가하는 것으로 나타났다. 특히 설골하근의 기울기에 가장 큰 변화가 있었지만 통계적으로 유의하지 않았다. 세 근육의 성별, 각도별 중간 주파수 기울기의 차이도 통계적으로 유의하지는 않았다.

#### 3.2 Angle and gender of Borg's RPE

목 들기 각도의 변화에 따른 운동 강도는 통계적으로 유의했으며( $p < .01$ ) 목 들기 각도가 낮아지면 유의하게 운동 강도가 높아지는 것으로 나타났다(Table 3). 각도에 대한 운동 강도의 사후 분석 결과 15°와 30°, 15°와 50°는  $p < .01$ 으로 강한 유의성을 나타냈으나 30°와 50°에서는 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

세 가지 목 들기 각도에서 성별에 따른 주관적 운동 강도의 점수는 15°에서 남녀 각각  $7.6 \pm 1.5$ 점,  $8.1 \pm 0.9$ 점, 30°에서 남녀 각각  $6.7 \pm 1.6$ 점,  $6.5 \pm 1.2$ 점, 50°에서 남녀 각각  $6.2 \pm 1.6$ 점,  $5.5 \pm 1.4$ 점으로 나타났으며 성별에 따른 유의한 차이가 없었다.

**Table 2.** The results of two-way ANOVA for angle and gender of MDF at three muscles(Hz)

Muscle	Angle	Gender	Mean $\pm$ SD	N	F	P
SHM	15	M	104.9 $\pm$ 15.2	13	Angle: 3.498 Gender: 1.297 Angle $\times$ Gender: 0.519	.034* .258 .597
		F	95.0 $\pm$ 27.1	17		
	30	M	96.2 $\pm$ 18.4	13		
		F	91.3 $\pm$ 20.4	17		
	50	M	86.1 $\pm$ 17.8	13		
		F	86.7 $\pm$ 14.8	17		
IHM	15	M	90.1 $\pm$ 27.8	13	Angle: 0.365 Gender: 0.000 Angle $\times$ Gender: 0.087	.694 .990 .916
		F	93.3 $\pm$ 24.7	17		
	30	M	89.4 $\pm$ 24.6	13		
		F	87.2 $\pm$ 20.0	17		
	50	M	86.3 $\pm$ 34.1	13		
		F	85.5 $\pm$ 25.4	17		
SCM	15	M	106.1 $\pm$ 11.5	13	Angle: 0.756 Gender: 3.917 Angle $\times$ Gender: 0.395	.473 .051 .674
		F	92.6 $\pm$ 25.7	17		
	30	M	97.7 $\pm$ 27.8	13		
		F	91.3 $\pm$ 21.5	17		
	50	M	96.5 $\pm$ 13.8	13		
		F	88.5 $\pm$ 19.6	17		

\*  $p < .05$

**Table 3.** The result of two-way ANOVA for angle and gender of Borg's RPE

Source	df	SS	MS	F	P
Angle	2	57.943	28.973	12.591	.000**
Gender	1	0.562	0.565	0.301	.584
Angle $\times$ Gender	2	4.873	2.432	1.290	.278

\*\*  $p < .01$

#### 3.3 Regression analysis median frequency and Borg's RPE

설골상근의 수축과 피로는 기도를 보호하는데 큰 영향을 미치며 목 들기 각도 변화는 설골상근의 중간 주파수에 영향을 준다. 목 들기 각도에 따른 설골상근의 중간 주파수와 주관적 운동 강도에 대한 회귀 분석에서 주관적 운동 강도는 설골상근의 중간 주파수 변량의 15.2%를 설명하고 있으며, 회귀방정식은 설골상근의 중간 주파수 =  $59.918 + (4.910 \times \text{주관적 운동 강도})$ 로 회귀모형이 적합되었다. Table 4의 분산 분석의  $p$ 값에서도 이 회귀모형은 통계적으로 유의하게 종속변수를 설명하고 있다( $p < .01$ ).

**Table 4.** The result of Regression analysis for MDF and Borg's RPE

Source	DF	Sum of squares	Mean square	F value	P
Regression	1	5463.588	5463.588	15.712	.000**
Residual	88	30601.348	347.743		
Total	89	36064.937			

\*\* $p < .01$ 

#### 4. Conclusion

본 연구는 기도 보호를 강화시키는 Shaker 운동 시 목 들기 각도의 변화가 근육의 피로도에 미치는 영향을 파악하고자 실시되었다. Shaker 운동을 시행하는 동안 임상적으로 많은 환자들이 목의 피로감을 호소한다. 근육의 피로도는 일반적으로 본인이 느끼는 자각적인 증상 또는 근수축에 의한 허혈성 장애로 인한 대사물의 축적으로 정의된다. 근육의 대사산물 축적을 직접 측정할 수 있는 도구가 아직은 없기 때문에(Knutson and Soderberg, 2000) 본 연구에서는 근전도를 이용한 근육의 전기적 신호를 통한 근육의 피로도와 피로의 자각증상을 비교하였다.

근전도는 반사 및 수의적인 운동으로 발생하는 골격근의 전기적 활동을 탐지한다. 인체 내의 근육 및 신경의 생리적, 기능적인 면을 검사하고 진단하는데 흔히 쓰이며, 표면 근전도는 움직이는 동안 근육군들의 기능적인 패턴과 활성화 수준을 검출할 수 있는 정량적인 방법으로 사용되어지고 있다(Luca, 1997). 표면 근전도를 사용하여 분석 시 중간 주파수를 통하여 측정하는 방법이 통용되어 왔으며 등척성 운동은 등장성 운동보다 간헐적인 혈액 공급이나 근장력 변화에 덜 영향을 받으므로 중간 주파수 분석하기 적당하다. 본 연구에서는 피로도를 측정하기 위하여 중간 주파수, 중간 주파수 기울기를 사용하였다(Yim et al., 2000).

본 연구에서 중간 주파수는 설골상근에서만 목 들기 각도가 작을수록 중간 주파수 값이 유의하게 커지는 것으로 나타났다( $p < .05$ ). 이는 흉쇄유돌근이 다른 두 근육에 비해 더 많은 피로도를 느낀다는 Ferdjallah et al.(2000)의 연구와는 차이가 있으며 무릎관절 각도와 비복근의 관계를 본 이전 연구에서 각도가 작을수록 근피로가 감소되었다는(Kim and Yoo, 2006) 연구와는 같은 결과이다. 근육의 지속적인 등척성 수축 동안 중간 주파수는 최대 근력 발생과 선형적으로 유의한 상관성이 있어(Ann et al., 2001) 등척성 수축력의 유의한 증가 시 중간 주파수가 증가하며 피로도는 감소한다(Biedernamm, Forrest, & Shanks, 1991). 무릎관절

각도와 대퇴근 활성도의 관계를 비교한 연구에서도 각도와 근력은 매우 강한 음의 상관관계( $r = -0.97$ )로 관절 각도가 작을수록 피로도는 적고 근 활성도가 높았다(Jang et al., 2009). 이와 같은 결과로  $50^\circ$ 보다  $15^\circ$  각도로 운동할 때 피로도가 적은 상태에서 수축력을 향상시켜 설골상근을 효과적으로 운동시킬 수 있다는 것을 알 수 있었다.

본 연구에서는 근전도에 의한 객관적인 피로도와 자각하는 피로도를 비교하기 위해 운동자각도를 비교하였다. Born(1970)은 근피로의 측정을 위해 직접적이고 생리학적인 측정이 없이도 용이하게 활용할 수 있는 운동자각도를 개발하였다. 운동자각도는 심리적으로 느끼는 주관적 강도를 객관적인 생리학적 변인의 수치와 일치하는 정도를 밝혀 정량화한 것이다. 운동자각도는 호흡순환계 및 대사계, 골격근, 말초 부위에 생기는 국부적 감각이 통합되어 나타나는 지표이기 때문에 특정 근육의 피로 발생여부를 검증할 수 있는 근전도 연구와 비교 분석하는 것이 더 적당하다고 하였다(Kim et al., 1997). 본 연구에서 운동자각도는 성별에는 관계가 없었으나 각도별로 유의하게 차이가 났었고, 남 여 모두 목 들기 각도  $15^\circ$ 에서 가장 큰 강도로 느끼는 것으로 나왔다. 이는 중간 및 평균 주파수가 심박수 및 운동자각도와 통계적으로 유의한 상관관계를 나타내었다는 이전 연구 결과와 같다(Yoon et al., 2010). 본 연구에서 주관적 운동 강도는 설골상근 중간 주파수 변량의 15.2%를 설명하는 낮은 예측치를 나타내었다. 머리와 목의 움직임에는 많은 근육이 포함되어 있으나 대부분 심층 근육이며, 본 연구에서 사용된 표면 근전도는 주관적 운동 강도에 영향을 주었을 심층 근육을 평가하지 못하는 제한점이 있다. 또한 목 들기 자세를 유지하는 동안 길항근으로 작용하였을 목 전진근에 대한 측정이 이루어지지 않았으므로 본 연구에서 확인한 세 근육 이외에 다른 근육의 동원에 대한 연구를 진행해야 할 것이다.

본 연구에서 중간 주파수를 통해 목 들기 각도 중 가장 낮은 각도인  $15^\circ$ 에서 기도 보호에 중요한 역할을 하는 설골상근의 수축력이 크고 피로도가 낮다는 것을 알 수 있다. 따라서  $15^\circ$  목 들기 각도가 다른 각도에 비해 유의하게 피로도를 덜 유발하며 근 활성도를 높일 수 있는 각도로 판단되어 임상에서 이 방법을 적용한다면 기도 흡인과 상부 식도 괄약근 불이완의 문제를 효율적으로 치료할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구의 제한점으로는 연구의 대상자 수가 적고 연령대가 다양하지 못한 정상 성인만을 대상으로 하였기 때문에 삼킴장애가 있는 환자군을 대상으로 적용하지 못하여 환자들에게까지 일반화하기에는 제한이 되므로 치료에 실질적인 적용을 위해서는 환자를 대상으로 한 추가적인 연구가 필요하다. 둘째, 설골상근, 하부설골근, 흉쇄유돌근의 피로도를 측정하기 위해 사용한 표면 근전도는 특성 상 전극 부착 근

육 주변의 연부조직들로부터의 잡신호가 포함될 가능성이 있으므로 근신호 측정을 위해 침전극법보다도 안전하며 근육의 특성을 잘 나타내는 장치를 찾아야 할 것이다. 셋째 음식물 삼킴에 작용하는 근육 전체에 대한 것이 아닌 일부 근육을 분석한 것이기에 운동 강도 증가에 영향을 주는 다른 근육을 분석하지 못하여 향후 연구에서는 모든 내측 근육과 대칭 근육들에게서 실제 음식물을 삼킬 때와 Shaker 운동 시 모두 근신호를 취득하여 그 동작특성을 자세히 분석할 필요가 있다고 본다. 따라서 본 연구 결과가 모든 사람에게 적용된다고 보기는 어렵지만 운동의 효과를 근 피로도 해석으로 규명할 수 있는 가능성을 보여주었다고 할 수 있다. 그러므로 향후의 연구는 이러한 제한점을 보완하여 다양한 측면에서 Shaker 운동의 효과를 측정하는 연구가 계속적으로 이어져야 할 것이다.

## References

- Ann, E.B., Anne, B.L., David, G., Nihatm, O. and Solomonw, Z., Test apparatus and experimental procedure for position specific normalization of electromyographic measurement of distal upper extremity, *Clinical Biomechanics*, 16(7), 576-585, 2001.
- Antinoja, J., Easterling, C., Farquharson, J., Grande, B., Kelly, A., Kem, M. and Stangl, M.C., A randomized study comparing the Shaker exercise with traditional therapy: a preliminary study, *Dysphagia*, 24(4), 403-411, 2009.
- Baijens, R.S., Iris, Z., Jolien, G.J., Kruijs, V.D. and Laura, W.J., Biomechanical analysis of hyoid bone displacement in videofluoroscopy: A systematic review of intervention effects, *Dysphagia*, 17(2), 256-268, 2010.
- Beattie, B. and Eberstein, A., Simultaneous measurement of muscle conduction velocity and EMG power spectrum changes during fatigue, *Muscle & Nerve*, 8(9), 768-773, 1985.
- Beith, I.D. and John, E.K., Can activity within the external abdominal oblique be measured using real time ultrasound imaging? *Clinical Biomechanics*, 22(9), 927-979, 2007.
- Biedermann, H.J., Forrest, W.J. and Shanks, F.L., Power spectrum analyses, of electromyographic activity discriminators in the differential assessment of patients with chronic low back pain, *Journal of Spine*, 16(10), 1179-1184, 1991.
- Born, G., Perceived exertion as an indicator of somatic stress, *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 2(7), 92-98, 1970.
- Caryn, E., Does an exercise aimed at improving swallow function have an effect on vocal function in the healthy elderly? *Dysphagia*, 23(3), 317-326, 2008.
- Chen, M.J., Fan, X. and Moe, S.T., Criterion-related validity of the Borg ratings of perceived exertion scale in healthy individuals: a meta-analysis, *Journal of Sports Sciences*, 20(11), 893-899, 2002.
- Cho, J.H., Lim, S.K. and Lee, K.E., Relationship between ratings of perceived exertion and cardiorespiratory function during graded exercise test, *The Korean Journal of Exercise Nutrition*, 4(2), 73-83, 2000.
- Daniels, S., Dikeman, K., Easterling, C., Grande, B., Kazandjian, M., Kern, M. and Shaker, R., Rehabilitation of swallowing by exercise in tube-fed patients with pharyngeal dysphagia secondary to abnormal UES opening, *Gastroenterology*, 122(1), 1314-1321, 2003.
- Dodds, W.J., Logemann, J.A. and Stewart, E.T., Physiology and radiology of the normal oral and pharyngeal phases of swallowing. *The American Journal of Roentgenology, Radium Therapy, and Nuclear Medicine*, 154(2), 953-963, 1990.
- Dolan, P. and Mannion, A.F., Relationship between myoelectric and mechanical manifestations of fatigue in the quadriceps femoris muscle group, *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 74(5), 411-419, 1996.
- Eiichi, S., Jeffrey, B., Koichiro, M., Michio, Y., Mikoto, B., Ritsuko, S. and Palmer, J.B., What is the chin-down posture? A questionnaire survey of speech language pathologists in Japan and the United States, *Dysphagia*, 22(3), 204-209, 2007.
- Eviatar, E., Gabriel, C.H., Segal, S. and Vaiman, M., Rectified and filtered surface electromyography of continuous drinking in healthy adults, *Laryngoscope*, 115(1), 68-73, 2005.
- Ferdjallah, M., Shaker, R. and Wertsch, J., Spectral analysis of surface EMG of upper esophageal sphincter opening muscles during head lift exercise, *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 37(3), 335-340, 2000.
- Hagg, T., Kemp, B. and Kramer, C.G., Real time measurement of muscle fatigue related changes in surface EMG. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 25(6), 627-630, 1987.
- Han, S.W., The effect of forward walking and backward walking on quadriceps muscles with treadmill inclination: surface electromyographic analysis, *Journal of the Korean Academy of University Trained Physical Therapists*, 12(1), 63-70, 2005.
- Hurme, P., Laukkanen, A.M. and Sonninen, A., The external frame function in control of pitch, register and singing mode: radiographic observation of a female singer, *Journal of Voice*, 13(3), 319-340, 1999.
- Jang, W.S., Kim, S.M., Kang, S.H. and Kim, N.H., A Study of relationship between EMG activation of thigh muscle(rectus femoris, vastus lateralis muscles) and knee angle during bicycle exercise, *The Institute of Electronics Engineers of Korea*, 46(4), 315-321, 2009.
- Kim, H.Y., Shin, C.H., Jin, J.K., Validity of RPE-13 as optimal exercise intensity, *Korean Journal of Exercise Physiology*, 6(1), 33-44, 1997.
- Kim, T.Y., Yoo, K.S., Influence of the knee angles on the electromyographic activities and fatigue of the ankle muscles in healthy subjects, *Korean Journal of Orthopedic Manual Therapy*, 12(1), 16-26, 2006.
- Knaflitz, M., Luca, C.J. and Merletti, R., Myoelectric manifestations of fatigue in voluntary and electrically elicited contractions, *Journal of Applied Physiology*, 69(5), 1810-1820, 1990.
- Knutson, L.M. and Soderberg, G.L., A guide for use and interpretation of kinesiologic electromyographic data. *Physical Therapy*, 80(5), 485-498, 2000.
- Kuhlemeier, K.V., Lynch, C., Palmer J.B. and Tippett, D.C., A protocol for

- the videofluorographic swallowing study. *Dysphagia*, 8(3), 209-214, 1993.
- Luca, C.J., The use of surface electromyography in biomechanics. *Journal of Applied Biomechanics*, 13(2), 135-163, 1997.
- Mirka, G., Psihogios, T. and Turville, K.J., The effects of video display terminal height on the operator: a comparison of the 15 and 40 recommendations. *Applied Ergonomics*, 29(4), 239-246, 1998.
- Palmer, J.B., Electromyography of the muscles of oropharyngeal swallowing: basic concepts, *Dysphagia*, 3(4), 192-198, 1989.
- Park, K.N., Won, J.H., Lee, W.H., Chung, S.D., Jung, D.H. and Oh, J.S., Effects of contraction of abdominal muscles on eletromyographic activities of superficial cervical flexors, rib cage elevation and angle of craniocervical flexion during deep cervical flexion exercise, *Journal of the Korean Academy of University Trained Physical Therapists*, 16(3), 9-16, 2009.
- Perlman, A.L., Electromyography and the study of oropharyngeal swallowing, *Dysphagia*, 8(4), 351-355, 1993.
- Shrawan, K., Cervical strength of young adults in sagittal, coronal and intermedic planne, *Clinical Biomechanics*, 16(5), 308-388, 2001.
- Wylie, J.D., The physiology of s swallowing, *Dysphagia*, 3(4), 171-178, 1989.
- Yim, S.H., Park, H.S. and Kim, H.W., Assessing muscle tensions during VDT works with surface electromyography, *Korean Journal of Occupational Environmental Medicine*, 12(4), 524-536, 2000.
- Yoon, C.J., Chae, W.S. and Kang, N.J., Comparative analysis of fatigue on muscle activities and physiological variables during ergometer test, *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 20(3), 303-310, 2010.

## Author listings

**Eun-Jung Park:** parkej5@gmail.com

**Highest degree:** MPH, Department of Occupational Ergonomics and Rehabilitation Health, Graduate School of Public Health, The Catholic University of Korea

**Position title:** OT, Department of Rehabilitation Medicine, Seoul Asan Medical Center

**Areas of interest:** Occupational Therapy

**Jung-Wan Koo:** jwkoo@catholic.ac.kr

**Highest degree:** PhD, Department of Public Health, Graduate School of The Catholic University of Korea

**Position title:** Professor, Department of Occupational and Environmental Medicine, Seoul St. Mary's Hospital, The Catholic University of Korea

**Areas of interest:** Musculoskeletal Disorder, Occupational and Environmental Medicine

Date Received : 2013-12-03

Date Revised : 2013-12-05

Date Accepted : 2013-12-19