



근긴장성 발성장애 환자의 모음공간 파라미터 특성

황영진 · 이은경*

용인대학교(강사) · *동신대학교(교수)

The Vowel Space Parameter Characteristics of Muscle Tension Dysphonia Patients

Young-Jin HWANG · Eun-Kyoung LEE*

Yongin University(lecturer) · *Dongshin University(professor)

Abstract

This study purposed to examine difference in the range of motion of the articulator between normal speakers and MTD through an acoustic matrix. Muscle tension dysphonia (MTD) is the pathological condition in which an excessive tension of the (para)laryngeal musculature. In MTD, excessive tension may change the resonance characteristic and narrow the range of motion of the articulator. The subjects of this study were 40 people (20 male, 20 female) diagnosed with MTD by an otorhinolaryngologist, and 40 normal subjects (20 male, 20 female). Voice data were analyzed by Praat(Version. 5.3.57). The acoustic matrices used were Vowel Space Area(VSA), Vowel Articulation Index(VAI), Formant Centralization Ration(FCR). As a result of this study, the MTD was narrower than the normal speakers. In addition, VAI and FCR were useful for discriminating MTD and normalizers ($p < .05$), but the VSA was not useful. Therefore, VAI and FCR are useful acoustic metrics to measure the range of articulation of MTD patients.

Key words : MTD, VSA, VAI, FCR, Vowel space

I. 서론

근긴장성 발성장애(Muscle Tension Dysphonia, 이하 MTD)는 해부학적/신경학적 후두구조는 정상이지만, 후두 및 후두 주변근육의 과도한 긴장으로 인해 발생하는 기능적 음성장애의 한 유형이다(Kim and Choi, 2014). 음성언어치료실에 내원하는 환자 중 40~70% 정도를 차지할 정도로 유발률이 매우 높은 MTD는 발생 원인에 따라 두 가지 유형으로 분리하여 보는 경향이 많다(Roy, 2003; Sama et al., 2001). 첫 번째 유형은 해부학적/신경학적 결함 없이 발생하는 심인성

MTD이고, 두 번째 유형은 다른 질환에 의해 보상적으로 발생하는 MTD이다(Roy et al., 2009). 비록 두 유형의 특성은 다를지라도 MTD의 주요 원인을 후두 및 후두주변 근육의 과도한 긴장으로 보는 경향은 지배적이다. 이러한 경향성은 MTD를 분류하는 체계에서도 확인할 수 있다. 즉, MTD는 후두 및 후두주변 근육에서 과긴장이 나타나는 위치에 따라 후성문부에 틈이 생기는 제 I 형, 가성대가 내측으로 접근하는 제 II 형, 성문 상부가 앞뒤로 좁아지는 제 III 형, 상성문부의 완전 수축으로 인해 앞, 뒤, 좌, 우가 모두 좁아지는 제 IV 형 등으로 분류한다(Koufman and

* Corresponding author : 061-330-3473, ekleee@dsu.ac.kr

Blalock, 1988; Morrison and Rammage, 1993).

이와 같이 MTD는 발생원인과 근긴장도가 과도하게 발생하는 위치에 따라 여러 유형으로 분류하고, 원인과 유형에 따라 기식 음성, 목췌 음성, 음성 피로, 과도한 발성 노력, 목과 어깨의 경직, 발성통 등과 같은 부작용이 발생하는 것으로 알려져 있다(Altman et al., 2005; Boone, McFarlane and Von Berg, 2005). 이와 같이 MTD는 발병원인 및 형태의 다양성 때문에 평가방법도 복잡하고 다양한 경향성이 있다.

MTD를 진단하고 평가할 때 Gillespie et al.(2014)은 음향학적 평가, 특히 Cepstral Spectral Index를 비롯한 RFF(relative fundamental frequency)등이 MTD를 판별하고 심한정도를 파악하는데 매우 유용한 파라미터라고 주장하였다. 이에 반해 Dastolfo et al.(2016)은 생태학적 타당성, 즉 대화상황에서 사용하는 음성과 가장 유사한 형태의 평가자료는 연결발화(connected speech)라고 주장하면서 평가 시 음절보다는 유성음으로 구성된 발화를 이용하는 것이 좋으며, 가장 유용한 파라미터로는 공기역학적 평가 중 평균 기류률을 추천하였다. 이와 유사하게 Epinoza et al.(2017)과 Gillespie et al.(2014)도 MTD의 성문하압이 정상화자에 비해 높은 점에 착안, 공기역학적 평가가 유용하다고 주장하였다. 그러나 공기역학적 평가는 진단 당시 음성장애를 구별하는데에는 유용하지만(Hillman et al., 1989), 관련 연구가 부족하기 때문에(Carding et al., 2009) 공기역학적 평가에 대한 신뢰성 및 타당성을 논의하는 것은 다소 부적절해 보인다. 최근에서는 후두 및 후두 주변근육의 과긴장이 MTD의 발병 원인을 강조하면서, 표면 근전도 검사(Surface electromyography, 이하 sEMG)의 유용성을 언급하였으나, 다소 논쟁의 소지가 있는 것으로 판단된다(Khoddami et al., 2015; Van Houtte et al., 2013). 왜냐하면, 치료 후의 가성대의 과기능에 대한 지각적 평가결과는 호전되었지만, sEMG는 이러한 결과를 반영하지 못했기 때문이다(Van

Houtte et al., 2013; Stepp et al., 2010). 그 외에도 Dehqan와 Scherer(2018)는 VHI, CAPE-V, GRBAS 등과 같은 주관적 평가도구가 유용하다고 주장하였지만(Van Lierde et al., 2007), 그 유용성에 대해서는 여전히 부정적이다(Craig et al., 2015).

지금까지 선행연구에서 살펴본 MTD 환자에 대한 평가방법은 후두 및 후두외부근육을 한정적으로 살펴보거나 성대의 기류역학적 측면에서 살펴보았기 때문에 MTD에 대한 국소적인 측면을 살펴보았을 뿐 본질적인 측면을 평가하지 못한 경향이 있다. 즉 MTD 환자에게서 흔히 나타나는 성문의 불완전한 폐쇄, 성대 과내전, 비대칭적인 성대진동 등과 같은 후두수준에서의 특성뿐만 아니라 상설골근 및 하설골근과 같은 후두 외부근육의 불완전한 수축으로 인한 후두가 거상되면서 나타나는 후두의 위치변화(Rubin et al., 2000), 그리고 성대나 상후두 자체의 운동기능이 불완전해짐으로써 나타나는 결과(Belafsky et al., 2001), 즉 목과 어깨의 경직, 발성 시 목이 조이는 느낌, 발성통 등의 유발을 발성적인 측면이 아니라 음성적인 측면에서 살펴볼 필요가 있다(Altman et al., 2005; Boone McFarlane and Von Berg, 2005).

이와 관련하여 Nguyen and Kenny(2009) 및 Ogawa et al.(2014)은 후두 및 후두주변근육의 과긴장은 구강앞쪽의 공명특성을 변화시킨다는 것을 강조하면서, 공명 및 조음적인 측면에서의 평가는 매우 중요한 요소임을 지적하고 있다(Khodammi et al., 2015). 뿐만 아니라 상설골근과 같은 후두외부근육의 과긴장은 혀와 턱의 움직임을 제한할 가능성이 높는데, 그 이유는 혀와 턱이 설골 등과 같은 조음 메커니즘이 하후두의 복합체(hypolaryngeal complex)와 서로 연결되어 있기 때문에(Dromey et al., 2008; Higgins and Hodge, 2002; McClean and Tasko, 2002), 후두 및 후두주변근육의 과긴장은 구인후두공간(oropharyngolaryngeal space)을 감소시키기 때문이다(Roy and Ferguson, 2001; Rubin et al., 2000). 이러한 연구결과를 바탕으로 볼 때, MTD 환자의 후두 및 후두주변근

육에 대한 과긴장은 조음자와 성도의 운동범위를 감소시킬 수 있다는 가정이 가능해진다.

이와 관련하여 Dromey et al.(2008)은 F2 slope 을 이용하여 MTD 환자들의 조음자의 움직임 속도를 살펴보았는데, 이는 F2와 조음자의 움직임 간의 관계가 비교적 명확하게 정립되어 있기 때문이다(Ferrand, 2007; Kent and Read, 2002). 뿐만 아니라 포먼트 주파수의 변화는 조음자의 움직임을 통해서 성도의 모양을 3차원으로 예측할 수 있기 때문에 모음공간과 모음의 중앙화율 등과 같은 다양한 음향학적 매트릭스가 매우 유용할 수 있다(Sapir et al., 2010).

<Table 1> the Acoustic metrics parameters list

$VAI = (F2i+F1a) / (F1i+F1u+F2u+F2a)$
$VSA = 0.5 [(F2i \times F1a + F2a \times F1a + F2a \times F1u + F2u \times F1i) - (F1i \times F2a + F1a \times F2a + F1a \times F2u + F1u \times F2i)]$
$FCR = (F2u+F2a +F1i+F1u) / (F2i+F1a)$

이러한 사실에 입각하여 Vowel Space Area(이하 VSA), Vowel Articulation Index(이하 VAI), Formant Centralization Ration(이하 FCR) 등과 같은 다양한 음향학적 매트릭스는 MTD 환자의 후두 및 후두주변근육의 과긴장 특성을 조음 및 공명적인 측면에서 살펴보는데 매우 유용할 것이라 사료된다(Skodda et al., 2011; Sapir et al., 2010).

따라서 본 연구에서는 VSA, VAI, FCR과 같은 음향학적 매트릭스를 하여, 첫째, MTD 환자와 정상화자간 VSA, VAI, FCR의 음향 매트릭스 결과 값에 차이가 있는가, 둘째, MTD 환자를 판별하는데 유용한 음향 매트릭스는 무엇인가에 대한 연구문제를 통해 MTD 환자의 조음 및 공명특성을 살펴보고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 음성문제를 주소로 이비인후과를 내원 한 환자 중 이비인후과 전문의가 후두내시경을 통해 MTD로 진단한 40명(남자 20명, 여자 20명)과 후두의 구조적 혹은 MTD 및 기타 신경학적인 이상 소견이 없는 정상군 40명(남자 20명, 여자 20명)을 대상으로 하였다.

대상자에게 연구에 대해 사전에 충분히 설명하였고, 연구 참여 동의를 구하였다. 대상군과 정상군의 연령에 따른 차이를 살펴보기 위해 t-검정을 실시하였고, 그 결과 유의한 차이가 없었다[t(78)=.845, p> .05].

<Table 2> Subject information

	normal		patients	
	male	female	male	female
Subject	20	20	20	20
Age	31.2±3.62	30.0±4.65	32.8±7.77	30.8±8.21

2. 자료 수집

본 연구에서 MTD의 음성녹음은 이비인후과 언어치료실 내 조용한 곳에서 실시하였으며, 환자와 마주보는 상태로 평가를 실시하였다. 정상군의 음성 녹음은 환자군 음성 녹음이 이루어진 동일 공간에서 수행하였다.

음성녹음 시, 발화자의 입과 마이크 사이의 거리를 10~15cm, 45° 각도로 유지 되도록 하였다. 또한 발화자에게 최대한 편안하고 자연스러운 상태에서 움직이지 않도록 주의를 주고, 다이내믹형 마이크(Shure SM42, Mexico)를 사용하여 녹음하였으며, 녹음자료는 해당 음향 매트릭스에 따라 단모음 /i, æ, a, u/ 혹은 /i, a, o/를 사용하였다. 한 모음 당 3회 반복 실시하였고, 평균값을 이용하였다.

3. 자료 분석

대상자에게 실험방법에 대해 충분히 설명한 후

편안한 상태로 네 개의 모음을 연장발성을 연습한 뒤 각각 연속적으로 3회 반복하여 녹음한 음성자료는 Praat(ver. 5.3.57)을 이용하였다. 포먼트 분석은 해당 모음의 시작부에서 약 1/3 지점으로 안정적으로 펄스 신호(pulse bar)가 생기고, 피치, 포먼트, 강도가 최대한 일정하게 수평이 되는 부분을 구간으로 하여 분석하였다. 분석 파라미터는 Skodda et al.(2011)과 Sapir et al.(2010)의 VAI, VSA, FCR등을 이용하였다(<Table 1>).

4. 신뢰도 및 자료 처리

Praat을 이용한 포먼트 분석 결과에 대한 신뢰도를 검증하기 위해 언어치료학 전공 대학원생 2명에게 검사 절차, 기록 방법, 분석 방법을 자세히 설명해준 후 수집된 전체 자료 중 75%를 임의적으로 추출하여 평가자간 신뢰도를 구하였다. 임의로 선정된 음성샘플 60개(환자군 30개, 정상군 30개)를 Praat(ver. 5.3.57)을 사용하여 포먼트 주파수를 분석하였으며, 포먼트 주파수 분석에 대한 측정자간 신뢰도는 97%였다.

MTD 환자군과 정상군의 모음공간 파라미터 특징에 대한 통계적인 유의성을 검증하기 위해 한글판 SPSS(version 20.0) for windows를 사용하여 자료 처리하였다. 통계분석은 환자군과 정상군의 모음 공간의 파라미터에 대한 두 그룹 간 차이를 알아보기 위해 독립표본 *t*-검정을 실시하였으며 그 결과는 도식화하여 제시하였다.

Ⅲ. 결 과

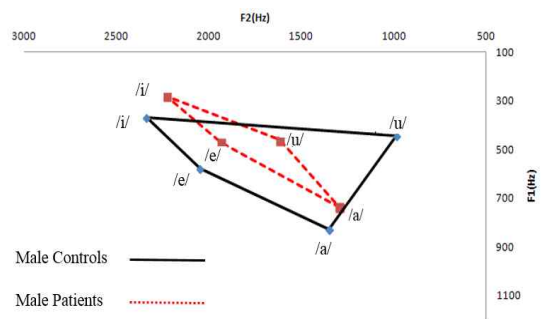
MTD 환자에 대한 모음공간에 대한 특성을 VSA, VAI, FCR 등의 음향 매트릭스로 분석한 결과, 성별에 상관없이 모두 VAI 및 FCR에는 유의한 차이가 있었다($p < .05$). 그러나 VSA에서는 성별에 상관없이 모두 유의하지 않았다. 남성집단에서의 환자군과 정상군의 모음 공간 파라미터의 차이에 대한 *t*-검정 결과는 <Table 3>과 같다.

<Table 3> The t-test result for male group

	Group	N	M	SD	<i>t</i>	<i>df</i>	Sig
VSA	patient	20	1.86	.29	-.79	38	.43
	normal	20	1.92	.15			
VAI	patient	20	.84	.20	-2.7	38	.01*
	normal	20	.97	.07			
FCR	patient	20	1.21	.27	2.77	38	.01*
	normal	20	1.04	.07			

* $p < .05$

남성 집단의 VSA 면적은 환자군이 $1.86 \pm 0.29 \text{KHz}^2$ 로 정상군의 $1.92 \pm 0.15 \text{KHz}^2$ 보다 더 좁았다. 집단 간 모음 공간 면적의 차이를 알아보기 위해 독립표본 *t*-검정을 실시한 결과, 유의한 차이가 없었다 [$t(39) = -0.794, p > .05$]. VAI 면적은 환자군(0.84 ± 0.20)이 정상군(0.97 ± 0.07)에 비해서 더 좁게 나타났고, 집단 간 VAI의 차이를 알아보기 위해 독립표본 *t*-검정을 실시한 결과, 집단 간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다 [$t(39) = -2.655, p < .05$].



[Fig. 1] Vowel Space for male(normal & patient)

또한 FCR에서 환자군(1.21 ± 0.28)이 정상군(1.04 ± 0.07)에 비해서 수치가 더 컸으며, 집단 간 FCR의 차이를 알아보기 위해 독립표본 *t*-검정을 실시한 결과, 집단 간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다 [$t(39) = 2.772, p < .05$].

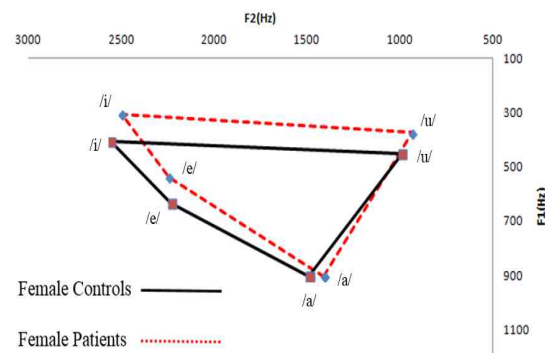
여성 집단의 환자군과 정상군의 모음 공간 파

라미터의 차이에 대한 *t*-검정 결과는 <Table 4>와 같다.

<Table 4> The t-test result for female group

	group	N	M	SD	<i>t</i>	<i>df</i>	Sig
VSA	patient	20	2.64	.30	-1.77	38	.09
	normal	20	2.77	.15			
VAI	patient	20	1.16	.09	5.23	38	.00*
	normal	20	1.04	.05			
FCR	patient	20	.86	.07	-5.35	38	.00*
	normal	20	.96	.04			

**p*<.05



[Fig. 2] Vowel Space for female(normal & patient)

여성(정상 및 환자)의 VSA 면적에서 환자군(2.64±0.30KHz²)이 정상군(2.77±0.15KHz²)보다 더 좁았고, 집단 간 유의한 차이가 없었다[t(39) = -1.771, *p* > .05]. VAI면적은 환자군(1.16±0.09)이 정상군(1.04±0.05)보다 넓었으며, 집단 간 유의한 차이가 있었다[t(39) = 5.231, *p* < .05]. FCR에서 환자군(0.86±0.07)이 정상군(0.96±0.04)에 비해서 더 작았으며, 집단 간 유의한 차이가 있었다[t(39) = -5.348, *p* < .05].

그리고 본 연구 결과 MTD 환자를 판별하는데 유용한 음향 매트릭스는 성별에 관계없이 VAI와 FCR이었음을 알 수 있었다(*p*<.05).

IV. 논의 및 결론

MTD는 후두내부근육의 아주 미세한 근긴장 조절과 상설골근 및 하설골근과 같은 후두 외부 근육의 자연스러운 수축 이완에 실패하면서 (Belafsky et al., 2001), 후두의 위치가 높아지거나 (Rubin et al., 2000) 성대 및 상후두 자체의 운동 기능의 결함으로 인해 다양한 문제를 야기시킨다. 특히 기식음성이나 목쉰 음성, 음성 피로 (vocal fatigue), 과도한 발성 노력(excessive vocal effort), 목과 어깨의 경직, 발성 시 목이 조이는 느낌, 발성통(odynophonia) 등의 문제가 자주 발생한다(Altman et al., 2005; Boone et al., 2005).

지금까지 선행된 연구들의 피험자를 살펴보면, 여성 MTD 환자를 대상으로 한 연구는 68.25%였고 남성 MTD 환자를 대상으로 한 연구는 31.74%정도였다(Pereira et al., 2017). 이러한 결과를 바탕으로 볼 때, MTD는 남성에 비해 여성이 높은 비중을 차지함을 알 수 있다. 본 연구에서 살펴본 여성 MTD 환자의 모음공간은 남성에 비해 전체적으로 높고 넓은 경향이 나타났는데, 이는 남녀의 기본주파수 차이에서 그 이유를 찾을 수 있었다. 즉, 본 연구의 남성 MTD환자의 기본주파수는 평균 139Hz로 대조군에 비해 25Hz이상 높아, 대조군에 비해 성대의 긴장도가 높았음을 알 수 있었다.

그러나 후두 및 후두주변근육의 과긴장은 하악 및 혀와 같은 조음자의 움직임에 영향을 주기 때문에(Dromey et al., 2008; McClean and Tasko, 2002), 조음자와 성도의 활동범위를 감소시킬 수 있다. 특히 입술이나 설골올림근의 경우 발성을 하기 이전부터 긴장되어 발성이 끝날 때까지 긴장되는 경향이 있다(Hočevar-Boltežar et al., 1998). 이러한 긴장은 결과적으로 모음 혹은 포먼트의 중앙화로 이어지는 경향이 있다(Roy and Ferguson, 2001; Sapir et al., 2003, 2007; Ziegler and Von Cramon, 1983).

따라서 성도의 공명주파수에 해당하는 값인 포먼트 주파수는 임상적으로 매우 유용한 가치가 있는 것으로 판단된다. 즉, 성도의 모양이나 길이에 따라 그 값이 다르고, 무엇보다도 혀의 높낮이 및 전후 위치에 따라 민감하게 반응할 뿐만 아니라 후두의 높이 및 성도의 길이가 감소할수록 제1포먼트 값이 낮아지는 경향이 있다. 따라서 포먼트 주파수를 기반으로 개발된 음향 매트릭스는 MTD환자를 판별하는데 매우 유용한 도구임에 틀림없다. 그러나 본 연구의 결과에 의하면 포먼트를 기반으로 하여 개발된 모든 음향학적 매트릭스가 유용한 것은 아니었다. 물론 남성 및 여성 MTD 환자들 모두가 대조군에 비해 모든 모음에서의 혀 위치가 거상되고 전방화되는 경향이 있었지만, VSA의 경우에는 남녀 모두 통계적으로 유의하지 못해, MTD 환자를 판별하는데 유용하지 않은 것으로 판단된다. 그러나 남성 및 여성환자군 모두의 VAI 및 FCR값이 대조군보다 감소하였고, 이는 조음자의 움직임의 범위 감소에 따른 모음의 중앙화 현상이 나타났기 때문으로 사료되며, 이러한 결과는 Skodda et al.(2012), Ferrand(2006), Sim et al.(2012) 등의 연구와도 일치함을 알 수 있었다.

결론적으로 본 연구는 MTD 환자와 정상화자를 대상으로 음향학적 매트릭스를 이용하여 모음공간의 범위를 측정하였을 때, VAI 및 FCR은 MTD 환자군과 정상화자를 성별에 관계없이 잘 구분하여 준 반면, VSA의 경우에는 그렇지 못했다. 이러한 연구결과는 Sapir 등(2010)이 마비말장애 환자를 대상으로 F2i/F2u, FCR, VSA, LnVSA 등과 같은 음향학적 매트릭스를 사용하였을 때, VSA 및 LnVSA보다 F2i/F2u와 FCR 등의 음향 매트릭스가 치료효과를 잘 입증하였을 뿐만 아니라 효과크기가 크며, 성별에 따른 민감도가 더 낮다는 결론과 매우 흡사하였다. 이에 대해 Tjaden과 Wilding(2004)는 VSA는 마비말장애 환자와 정상화자를 구별해 주는 능력에 제한이 있으며, 그 이유를 화자간 변동성에 대한 민감도가

매우 높기 때문이라고 지적하였다. 따라서 본 연구의 결과를 바탕으로 볼 때, FCR 및 VAI와 같은 음향학적 매트릭스가 VSA보다 질환의 유무를 잘 판별해 주며, 화자간 민감도가 낮기 때문에 더 유용한 음향학적 파라미터라 사료된다. 후속 연구에서는 근긴장도의 심한정도 따른 모음공간의 범위와 조음정확도와의 상관관계를 살펴봄으로써 신경학적 혹은 기능적 음성장애 환자의 특성을 잘 이해할 수 있을 것으로 판단한다.

References

- Altman KW, Atkinson C and Lazarus C(2005). Current and Emerging Concepts in Muscle Tension Dysphonia: A 30-Month Review. *Journal of Voice*, 19(2), 261~267.
<https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2004.03.007>
- Belafsky PC, Postma GN, Peulbach TR, Holland, BW and Koufman, JA(2001). Muscle tension dysphonia as a sign of underlying glottal insufficiency. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 127(5), 448~451.
<https://doi.org/10.1067/mhn.2002.128894>
- Boone DR, McFarlane SC and Von Berg, SL(2005). *The Voice and Voice Therapy*(7th ed.). Massachusetts: Pearson Education.
- Carding PN, Wilson JA, MacKenzie K and Deary, IJ(2009). Measuring voice outcomes: State of the Science review. *Journal of Laryngology and Otology*, 123, 823~829.
<https://doi.org/10.1017/S0022215109005398>
- Craig J, Tomlinson C and Stevens K(2015). Combining Voice Therapy and Physical Therapy: a Novel Approach to Treating Muscle Tension Dysphonia. *Journal of Communication Disorders*, 58, 169~178.
<https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2015.05.001>
- Dastolfo C, Gartner-Schmidt J, Yu L, Carnes O and Gillespie AI(2016). Aerodynamic Outcomes of Four Common Voice Disorder: Moving Toward Disorder-Specific Assessment. *Journal of Voice*, 30(3), 301~307.
<https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2015.03.017>

- Dehqan A and Scherer RC(2018). Positive Effects of Manual Circumlaryngeal Therapy in the Treatment of Muscle Tension Dysphonia (MTD): Long Term Treatment Outcomes.
<https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2018.07.010>
- Dromey C, Nissen S, Roy N and Merrill R(2008). Articulatory Changes Following Treatment of Muscle Tension Dysphonia: Preliminary Acoustic Evidence. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 51, 196~208.
[https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2008/015\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2008/015))
- Dromey C and Smith ME(2008). Vocal Tremor Vibrato in the Same Person: Acoustic and Electromyographic Differences. *Journal of Voice*, 22(5), 541~545.
<https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2006.12.001>
- Espinoza VM, Zañartu, M, Van Stan, JH, Mehta, DM and Hillman, RE(2017). Glottal aerodynamic measures in women with phonotraumatic and nonphonotraumatic vocal hyperfunction. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 60(8), 2159~2169.
https://doi.org/10.1044/2017_JSLHR-S-16-0337
- Ferguson SH and Kewley-Port D(2007). Talker Differences in Clear and Conversational Speech: Acoustic Characteristics of Vowels. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 50, 1241~1255.
[https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2007/087\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2007/087))
- Gillespie AI, Gartner-Schmidt J, Rubinstein EN and Abbott KV(2014). Aerodynamic Profiles of Women with Muscle Tension Dysphonia/Aphonia. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 56, 481~488.
[https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2012/11-0217\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2012/11-0217))
- Higgins C and Hodge M(2002). Vowel Area and Intelligibility in Children With and Without Dysarthria. *Journal of Medical Speech-Language Pathology*, 10(4), 271~277.
- Higgins MB, Netsell R and Schulte L(1998). Vowel-Related Differences in Laryngeal Articulatory and Phonatory Function. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 41(4), 712~724.
<http://dx.doi.org/10.1044/jslhr.4104.712>
- Hillman RE, Holmberg EB, Perkell JS, Walsh M and Vaughan C(1989). Objective assessment of vocal hyperfunction: an experimental framework and initial results. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 32(2), 373~392.
<http://dx.doi.org/10.1044/jshr.3202.373>
- Hočevvar-Boltežar I, Janko M and Žargi M(1998). Role of Surface EMG in Diagnostics and Treatment of Muscle Tension Dysphonia, *Acta Otolaryngologica*, 118, 739~743.
<https://doi.org/10.1080/00016489850183287>
- Kent RD and Kim YJ(2003). Toward an acoustic typology of motor speech disorders. *Clinical Linguistics and Phonetics*, 17(6), 427~445.
<https://doi.org/10.1080/0269920031000086248>
- Khoddami SM, Ansari NN and Jalaie S(2015). Review on Laryngeal Palpation Methods in Muscle Tension Dysphonia: Validity and Reliability Issues. *Journal of Voice*, 29, 459~468.
<https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2014.09.023>
- Kim, JW and Choi, SH(2014). Laryngeal dystonia and muscle tension dysphonia. *Journal of the Korean Society of Logopedics and Phoniatics*, 25(2), 79~81.
- Koufman JA and Blalock PD(1988). Vocal Fatigue and Dysphonia in the Professional Voice User: Bogart-Bacall Syndrome. *The Laryngoscope*, 98(5), 493~498.
<https://doi.org/10.1288/00005537-198805000-00003>
- Liu H, Tsao F and Kuhl P(2005). The effect of reduced vowel working space on speech intelligibility in Mandarin-speaking young adults with cerebral palsy. *Journal of the Acoustical Society of America*, 117, 3879~3889.
<https://doi.org/10.1121/1.1898623>
- McClellan M and Tasko SM(2002). Association of orofacial with laryngeal and respiratory motor output during speech. *Experimental Brain Research*, 146(4), 481~489.
- Morrison MD and Rammage LA(1993). Muscle Misuse Voice Disorders: Description and Classification. *Acta Oto-Laryngologica*, 113(3), 428~434.
<https://doi.org/10.3109/00016489309135839>
- Nguyen, DD and Kenny, DT(2009). Effects of Muscle Tension Dysphonia on Tone Phonation: Acoustic and Perceptual Studies in Vietnamese

- Female Teachers. *Journal of Voice*, 23(4), 446-459.
<https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2007.12.004>
- Ogawa M, Hosokawa K, Yoshida M, Iwahashi T, Hashimoto M and Inohara H(2014). Immediate Effects of Humming on Computed Electrolottographic Parameters in Patients With Muscle Tension Dysphonia. *Journal of Voice*, 28(6), 733-741.
<https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2014.02.004>
- Roy N(2003). Functional dysphonia. *Current Opinion in Otolaryngology and Head and Neck Surgery*, 11, 144-148.
- Roy N and Ferguson NA(2001). Formant Frequency Changes Following Manual Circumalaryngeal Therapy for Functional Dysphonia: Evidence of Laryngeal Lowering? *Journal of Medical Speech-Language Pathology*, 9(3), 169-175.
- Roy N, Nissen SL, Dromey C and Sapir S(2009). Articulatory changes in muscle tension dysphonia: Evidence of vowel space expansion following manual circumalaryngeal therapy. *Journal of Communication Disorders*, 42, 124-135.
<https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2008.10.001>
- Rubin JS, Lieberman J and Harris T(2000). Laryngeal Manipulation. *Otolaryngologic Clinics of North America*, 33(5), 1017-1034.
[https://doi.org/10.1016/S0030-6665\(05\)70261-9](https://doi.org/10.1016/S0030-6665(05)70261-9)
- Sama A, Carding PN, Price S, Kelly P and Wilson, JA(2001). The Clinical Features of Functional Dysphonia. *The Laryngoscope*, 111, 458-463.
<https://doi.org/10.1097/00005537-200103000-00015>
- Sapienza CM, Walton S and Murry T(2000). Adductor Spasmodic Dysphonia and Muscular Tension Dysphonia: Acoustic Analysis of Sustained Phonation and Reading. *Journal of Voice*, 14(4), 502-520.
[https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(00\)80008-9](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(00)80008-9)
- Sapir S(1989). The Intrinsic Pitch of Vowels: Theoretical, Physiological, and Clinical Considerations. *Journal of Voice*, 3(1), 44-51.
[https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(89\)80121-3](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(89)80121-3)
- Sapir S, Spielman J, Ramig LO, Hinds SL, Countryman S and Fox C(2003). Effects of Intensive Voice Treatment (the Lee Silverman Voice Treatment [LSVT]) on Ataxic Dysarthria: A Case Study. *American Journal of Speech - Language Pathology*, 12(4), 387-399.
[https://doi.org/10.1044/1058-0360\(2003\)085](https://doi.org/10.1044/1058-0360(2003)085)
- Sapir S, Ramig LO, Spielman JL and Fox C(2010). Formant Centralization Ratio (FCR): A Proposal for a New Acoustic Measure of Dysarthric Speech. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 53(1), 114-125.
[https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2009\)-8-0184](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2009)-8-0184)
- Sapir S, Spielman J, Ramig LO, Story B and Fox C(2007). Effects of Intensive Voice Treatment (the Lee Silverman Voice Treatment [LSVT]) on Vowel Articulation in Dysarthric Individuals With Idiopathic Parkinson Disease: Acoustic and Perceptual Findings. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 50(4), 899-912.
[https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2007\)064](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2007)064)
- Skodda S, Visser W and Schlegel U(2011). Vowel Articulation in Parkinson's Disease. *Journal of Voice*, 25(4), 467-472.
<https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2010.01.009>
- Smiljanic R and Bradlow AR(2005). Production and perception of clear speech in Croatian and English. *Journal of the Acoustical Society of America*, 118(3), 1677-1688.
<https://doi.org/10.1121/1.2000788>
- Smith E, Kirchner L, Taylor M, Hoffman H and Lemke J(1998). Voice Problems Among Teachers: Differences by Gender and Teaching Characteristics. *Journal of Voice*, 12(3), 328-334.
[https://doi.org/10.1016/s0892-1997\(98\)80022-2](https://doi.org/10.1016/s0892-1997(98)80022-2)
- Stapp CE, Heaton JT, Jette ME, Burns JA and Hillman RE(2010). Neck surface electromyography as a measure of vocal hyperfunction before and after injection laryngoplasty. *Ann Otolaryngology*, 119, 594-601.
- Tjaden K and Wilding GE(2004). Rate and Loudness Manipulations in Dysarthria: Acoustic and Perceptual Findings. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 47(4), 766-783.
[https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2004\)058](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2004)058)
- Van Houtte E, Claeys S, D'haeseleer E, Wuyts F and Van Lierde K(2013). An Examination of Surface EMG for the Assessment of Muscle Tension Dysphonia. *Journal of Voice*, 27(2), 177-186.
<https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2011.06.006>

Van Lierde KM, Clayer S, Bodt M and Cauwenberge P(2007). Longterm Outcome of Hyperfunctional voice Disorders based on a multiparameter approach. *Journal of Voice*, 21, 179~188.

<https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2005.11.002>

Vorperian HK and Kent RD(2007). Vowel Acoustic Space Development in Children: A Synthesis of Acoustic and Anatomic Data. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 50, 1510 - 1545.

[https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2007/104\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2007/104))

Ziegler W. and Von Cramon D.(1983). Vowel Distortion in Traumatic Dysarthria: A Formant Study. *Phonetica*, 40(1), 63~78.

<https://doi.org/10.1159/000261681>

• Received : 05 March, 2019

• Revised : 15 March, 2019

• Accepted : 20 March, 2019