

반폐쇄성도훈련이 기능적 실성증 환자의 음성 개선에 미치는 효과

대구가톨릭대학교 일반대학원,¹ 충북대학교병원 이비인후과,²
충북대학교 의과대학 이비인후과교실,³ 대구가톨릭대학교 언어청각치료학과⁴
채혜림¹ · 김지성^{1,2} · 이동욱³ · 최성희^{1,4}

= Abstract =

Effects of Semi-Occluded Vocal Tract Exercise in Patients with Functional Aphonia

Hye Rim Chae¹, Ji sung Kim^{1,2}, Dong Wook Lee³ and Seong Hee Choi^{1,4}

¹Graduate School of Daegu Catholic University, Gyeongsan, Korea; and ²Department of Otorhinolaryngology Chungbuk National University Hospital, Choengju, Korea; and ³Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, Chungbuk National University College of Medicine, Cheongju, Korea; and ⁴Department of Audiology and Speech-Language Pathology, Daegu Catholic University, Gyeongsan, Korea

Background and Objectives : Functional aphonia is characterized by incomplete closure of the vocal folds. Semi-occluded vocal tract exercise (SOVTE) allows smooth vocal folds collision without damage to the vocal folds tissues to produce normal vocal intensity. The purpose of this study is to report the effect of SOVTE in patients with functional aphonia. **Materials and Method** : Seven patients diagnosed with functional aphonia were treated with 1–3 voice therapy sessions using voiced lip-trill, humming, Lax Vox in SOVTE. To assess the effectiveness of semi-occluded vocal tract exercise, cepstral analysis and auditory perceptual assessment were performed before and after voice therapy. **Results** : F0 (fundamental frequency), CPP (cepstral peak prominence) and L/H ratio (low/high spectral ratio) were significantly increased, while CPP Standard deviation, L/H ratio Standard deviation were decreased. In addition, ‘Grade’, ‘Breathiness’ and ‘Asthenia’ were significantly decreased in the GRBAS scale after SOVTE ($p < 0.05$). **Conclusion** : In our study, SOVTE seemed to be effective to elicit voice quickly and promote vocal folds vibration without muscular effort in patients with functional aphonia.

KEY WORDS : Semi-occluded vocal tract exercise · Functional aphonia · Voice therapy.

서 론

기능적 발성장애(functional dysphonia)는 성대에 구조적 또는 신경학적 병변이 없는 상태에서 음성문제가 지속되는 경우로 성대의 접촉양상에 따라 과다기능적 발성장애(hyperfunctional dysphonia)와 과소기능적 발성장애(hypofunctional dysphonia)로 구분할 수 있다.^{1,2)}

이 중에서 과소기능적 발성장애는 발성 시 불완전한 성대 폐쇄로 인해 성문 사이로 필요 이상의 공기가 새어나간다. 그 결

과, 음성 강도 감소(reduce loudness), 기식화된 음성(breathiness)을 초래하게 되는데, 기식성은 약한 기식음(mild breathiness)에서 심한 경우 속삭이는 음성(whispery voice)까지 성문이 벌어진 정도에 따라 다르다.³⁾

기능적 발성장애는 과도한 보상적 발성이 형성되기 전 초기에 음성치료를 시작할 경우 예후가 좋으며, 단기간의 음성치료로도 매우 효과적이다.⁴⁾ Boone의 25가지 기법 중 발성변경법(기침, 가글링 등), 흡기발성, 차폐, 밀기접근법과 같은 방법이 성대의 접촉을 촉진하는데 사용되는 방법으로 과소기능적 음성장애에 효과적인 치료법으로 알려져왔다.⁵⁾ 하지만 이러한 방법은 모델링에 따른 모방과정에서 오용이나 남용될 경우 후두 근육의 긴장도 증가로 이어질 가능성이 높다.

반폐쇄성도훈련(semi-occluded vocal tract exercise, 이하 SOVTE)은 성도(vocal tract)의 앞부분이나 뒷부분 등 성도의 일부분을 수축하는 것으로 호흡, 공명, 발성의 협응에 초점을 맞춘 총체적인 기법이다. SOVTE는 성문상압이 성문내

논문투고일 : 2019년 5월 17일
논문심사일 : 2019년 5월 30일
게재확정일 : 2019년 6월 18일
책임저자 : 최성희, 38430 경북 경산시 하양읍 하양로 13-13
대구가톨릭대학교 언어청각치료학과
전화 : (053) 850-2542 · 전송 : (053) 850-2540
E-mail : shgrace67@gmail.com

부의 압력과 기류를 증가시킴으로써 음원과 여과기 사이 상호 작용을 통하여 보다 많은 공기역학적 에너지가 음향학적 에너지로 변환된다는 비선형 음원-여과기 이론으로 설명된다.^{6,7)} SOVTE 시 성대의 진동(vibration dose)은 증가하지만, 접촉 시 충격(collision stress)은 감소 되어 진동으로 인한 성대의 손상이 최소화된다.^{7,8)}

이처럼 성도가 반폐쇄 되면 증가된 구강압(oral pressure)으로 인해 성문상압(supraglottal pressure) 또한 증가하게 됨으로써 성문변압(transglottal pressure)이 감소하게 되고, 근육의 힘이 아닌 진공효과로 빠르고 쉬운 성대 개폐가 이루어져 성대의 진동 효율성이 증가하게 된다. 또한, 후두는 하강하고 이로 인해 성도가 연장됨으로써 발성역치압력(phonation threshold pressure)이 낮아지고, 음성 강도의 주된 결정 요인인 최대유량감소율(maximum flow declination rate, 이하 MFDR)이 증가하게 되어 작은 노력으로도 쉽게 음성을 산출할 수 있게 된다.^{6,7,9,10)} MFDR이 증가되면 성문의 기류와 성대의 접촉(collision)은 감소된다. 이는 성문상압과 성문사이압력(intraglottal pressure)의 상호작용을 통해 이루어지며 이 상호작용의 정도는 성대진동의 진폭보다는 강도를 증가시켜 음성의 강도와 효율성을 향상시킬 수 있다.^{7,11)}

SOVTE에는 허밍(Humming), 입술트릴(lip-trill), 혀트릴(tongue-trill), 손으로 입가리기(hand-over-mouth), 튜브 또는 빨대발성, Lax Vox 등이 있다.⁶⁾ 이 중 Lax Vox는 실리콘 튜브를 물에 넣어 발성하는 기법으로 성대의 진동 양상에 따라 튜브의 직경이나 물의 깊이를 조절하여 사용할 수 있다. 물의 얇은 깊이는 낮은 유동 저항을 제공하여 과다기능적 발성장애 환자에게 적절하며, 보상적인 내전 활동을 증가시키기 위해서 과소기능적 발성장애 환자에게는 높은 유동 저항을 제공하기 위해 빨대 깊이가 깊게 위치하도록 하는 것이 적절하다.¹²⁾

선행연구에 의하면, SOVTE는 직업적 음성사용자나 전문 음성사용자의 워밍업(warming-up)뿐만 아니라 과기능적 음성장애 환자와 신경학적 과소기능적 발성장애 환자에게도 효과적인 것으로 보고되었다.¹³⁻¹⁶⁾ 기존의 과소기능적 발성장애의 전통적 치료방법과는 다르게 SOVTE는 성대가 부드럽게 진동하기 위한 최적화된 상태가 되기 때문에 과소기능적 발성장애에도 효과적으로 사용될 수 있으나, 현재까지 기능적 실성증에 대한 SOVTE효과에 대한 보고는 전무하다.

따라서 본 연구는 기능적 실성증 환자를 대상으로 SOVTE를 적용한 음성치료의 효과를 살펴보고하고자 한다.

대상 및 방법

2017년 1월부터 2018년 12월까지 대학병원 이비인후과에 내

원한 환자로 후두내시경 검사결과 성대에 구조적 또는 신경학적 병변이 없으나, 불완전한 성대 폐쇄로 인해 지속적인 음성 문제를 호소하는 환자들이었다. 대상자는 기능적 실성증으로 진단받은 남자 2명, 여자 5명으로 평균연령은 46.42(±14.29)세였으며 기능적 실성증으로 인해 보상적으로 이차적인 근긴장성발성장애(muscle tension dysphonia)가 동반된 경우는 제외하였다(Table 1).

본 연구에서 사용된 SOVTE는 입술트릴 발성, 허밍, Lax Vox이며, 환자는 연구자의 모델링에 따라 모방하였다. Lax Vox는 길이 21 cm, 지름 0.6 cm의 빨대와 360 mL 물병을 사용하였으며, 물의 온도는 40°C, 깊이는 4~7 cm로 설정하였다. 수행과제는 3가지 형태로 음도상승과 하강, 연장발성, 가창하기 순으로 실시하였다. 의자에 얼굴, 목, 등 가슴을 펴고 바른 자세로 앉아 물병은 가슴 앞 쪽에 위치시키고 튜브를 물병에 4~7 cm 깊이로 넣었다. 입술로 튜브를 감싸고 입술 모양은 /우/ 모양으로 하여 코로 숨을 들이마시고 튜브로 숨을 내뿔면서 /우/발성과 함께 물거품을 내도록 하였다. 높은 음에서 낮은 음으로, 낮은 음에서 높은 음으로 활창하기를 통해 음도상승과 하강을 실시한 다음 펄스 성구, 흥성구, 가성구에서 연장발성을 실시하였다. 가창하기는 물거품을 내면서 “생일 축하합니다” 노래 부르기를 실시하였다. 입술트릴 발성과 허밍은 Lax Vox 수행과제에서 가창하기를 제외한 음도상승과 하강, 연장발성을 동일하게 실시하였다.¹⁴⁾

치료 효과를 측정하기 위해 소음이 통제된 검사실에서 음성 치료 전후 환자의 음성을 녹음하였다. 대상자의 입과 마이크 사이의 거리는 약 10 cm 유지한 채 편안한 목소리로 모음 /아/를 3초간 길게 발성하도록 하였다. 음향학적 분석은 CSpeech software, version 4.0(Madison, Wisconsin, USA)를 사용하였다. 3초 중 안정구간 1초를 선택하여 기본주파수(fundamental frequency, F0)를 측정하였다. CSL(Computerized Speech Lab, Model 4150B, Kay-pentax)의 ADSV(Analysis of Dysphonia in Speech and Voice)를 사용하여 캡스트럼 및 스펙트럼 분석을 실시하였다. 3초 중 안정구간 1초를 선택한 다음 CPP(cepstral peak prominence), CPP Std Dev, L/

Table 1. Patient's Information

Patient	Age	Gender	Sessions of voice therapy
1	40	F	1
2	52	F	1
3	51	F	2
4	34	M	2
5	71	F	3
6	55	M	1
7	45	F	2

H ratio(low/high spectral ratio), L/H ratio Std Dev를 측정하였다. GRBAS scale을 사용하여 환자의 음성치료 전후 모음 /아/ 연장 발성을 듣고 청지각적 평가를 실시하였다. 본 연구에서는 수정된 GRBAS scale을 사용하여 총 5점 척도로 평정하였으며 0점은 문제 없음, 1점은 문제가 있다고 보기 어려움, 2점은 문제 있음, 3점은 심한 문제, 4점은 아주 심한 문제를 나타낸다.

수집된 자료에 대한 통계학적 분석은 SPSS version 22.0(IBM Co., New York, NY, USA)을 이용하였다. 음성치료 전후 음향학적 검사 및 청지각적 평가결과를 비교하기 위하여 월콕슨 부호 순위 검증(Wilcoxon's signed-ranks test)을 사용하였으며, 유의수준은 0.05 수준에서 검정하였다.

결 과

음성치료 전후 결과를 비교하기 위하여 음향학적 분석 및 청지각적 평가를 실시하였다. CSpeech 분석 결과 F0는 치료 전 남성은 275.500 Hz에서 치료 후 147.100 Hz로 통계적으로는 유의하지 않았으나 감소하였으며 여성은 치료 전 255.060 Hz에서 치료 후 197.040 Hz로 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). ADSV 측정 시, CPP는 치료 전 2.389 dB에서 치료 후 13.915 dB로, L/H ratio는 치료 전 20.100 dB에서 치료 후 31.854 dB로 증가하였으며 CPP Std Dev는 치료 전 1.127 dB에서 치료

후 0.422 dB로, L/H ratio Std Dev는 치료 전 3.490 dB에서 치료 후 1.068 dB로 감소하여 음성치료 전후 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$)(Table 2, 3). GRBAS Scale 평가 시 중증도(G)는 치료 전 3.71에서 치료 후 0.57로, 기식성(B)은 치료 전 3.29에서 치료 후 0.29로, 무력성(A)은 치료 전 3.29에서 치료 후 0.43으로 감소하여, 음성치료 전후 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$)(Table 4).

고 찰

본 연구에서는 기능적 실성증 환자를 대상으로 SOVTE 중 입술트릴 발성, 허밍, Lax Vox를 사용한 음성치료 효과를 살펴

Table 4. Comparisons of GRBAS scale pre vs post voice therapy

	Pre voice therapy	Post voice therapy	p values
GRBAS			
G	3.71 ± 0.756	0.57 ± 0.535	0.016*
R	0.43 ± 0.787	0.00 ± 0.00	0.180
B	3.29 ± 0.951	0.29 ± 0.488	0.016*
A	3.29 ± 0.951	0.43 ± 0.787	0.015*
S	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	1.000

p values on Wilcoxon signed-ranks test, mean standard deviation of pre vs post voice therapy measures are reported. * : $p < 0.05$. G : grade, R : roughness, B : breathiness, A : asthenia, S : strain

Table 2. Acoustic measures from 7 patients with functional aphonia pre vs post voice therapy

	F0		CPP		CPP Std Dev		L/Hratio		L/Hratio Std Dev	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
F1	271.0	201.8	1.054	13.230	0.910	0.361	10.258	29.864	2.796	1.238
F2	284.7	151.3	0.581	17.411	1.107	0.328	19.270	30.317	1.231	1.062
M1	131.9	145.9	3.165	14.209	0.703	0.694	15.515	29.920	1.674	0.961
F3	224.5	216.4	4.285	11.904	1.728	0.321	21.013	29.157	6.745	1.599
F4	263.0	189.8	2.195	13.101	1.905	0.543	21.721	35.130	7.313	1.227
M2	419.1	148.3	0.574	14.461	0.203	0.487	25.028	30.956	2.131	0.615
F5	232.1	225.9	4.866	13.090	1.336	0.222	27.892	37.636	2.541	0.771

F0 : fundamental frequency, CPP : cepstral peak prominence, Std Dev : standard deviation, L/H ratio : low/high spectral ratio

Table 3. Comparisons of acoustic measures pre vs post voice therapy

		Pre voice therapy	Post voice therapy	p values
CSpeech	F0 (Hz)	275.500 ± 203.081	147.100 ± 1.697	0.655
		Male	255.060 ± 25.772	197.040 ± 29.047
ADSV	CPP (dB)	2.389 ± 1.766	13.915 ± 1.754	0.018*
	CPP Std Dev (dB)	1.127 ± 0.590	0.422 ± 0.161	0.043*
	L/H ratio (dB)	20.100 ± 5.874	31.854 ± 3.222	0.018*
	L/H ratio Std Dev (dB)	3.490 ± 2.478	1.068 ± 0.327	0.018*

p values on Wilcoxon signed-ranks test, mean standard deviation of pre vs post voice therapy acoustic measures are reported. * : $p < 0.05$. F0 : fundamental frequency, CPP : cepstral peak prominence, Std Dev : standard deviation, L/H ratio : low/high spectral ratio

보았다.

음성문제가 심할수록 불규칙하거나 비주기적인 성대 진동으로 성대 진동의 주기성이 감소하게 된다. 실성증은 불완전한 성대 폐쇄로 인해 매우 기식적인 음성으로 고주파수 대역의 소음으로 인해 음성분석 시 어려움이 따른다. MDVP(Multi-Dimensional Voice Program)의 주파수 변동률(%jitter), 진폭 변동률(shimmer)과 같은 시간 기반 음향학적 측정은 음향 파형의 주기성 경계의 정확한 구분에 의존하여 주기적인 음성 분석에서는 신뢰성이 높고 유용하지만, 주기성이 저하된 음성 분석은 신뢰로운 분석이 어렵다.¹⁷⁾ 반면, CPP는 스펙트럼 기반 측정법으로 주기성을 필요로 하지 않기 때문에 장애 음성을 더 정확하게 분석할 수 있다.¹⁸⁾ 본 연구에서는 MDVP를 사용하여 기본주파수를 측정하고자 하였으나 분석이 불가능하였다. 따라서 본 연구에서는 CSpeech를 사용하여 기본주파수를 측정하였는데, CSpeech는 소음 음성 분석에 유용하여¹⁹⁾ 기식적인 음성을 더 민감하게 분석할 수 있다. 본 연구에서 CSpeech를 사용하여 음성치료 전후를 비교한 결과, 속삭이거나 기식화된 음성이 성대접촉이 향상됨으로 인해 기본주파수가 유의미하게 감소하였다. 또한, 캡스트럼 분석에서도 CPP 및 L/H ratio 수치가 증가하였으며 CPP Std Dev 및 L/H ratio Std Dev 수치는 유의미하게 감소하였는데 이는 치료 후 음질이 향상됨을 나타내며 선행 연구의 한국 정상성인의 모음 /아/ 발성 시 캡스트럼 및 스펙트럼 분석 기준치²⁰⁾와 비교하였을 때 치료 후 수치가 기준치 범위에 속하여 음성이 개선된 것을 확인할 수 있었다. 또한, 청지각적 평가에서도 치료 전에 비하여 치료 후 전반적인 중증도(G), 기식성(B), 무력성(A)이 감소하여 청지각적으로도 음질이 향상되어 음성치료의 효과를 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과는 SOVTE가 기능적 실성증 환자의 불안정한 성대 접촉을 강화시켜 음성의 강도가 높아지고 음질이 향상되어 성대 진동이 안정화되었음을 시사 한다(Fig. 1, 2).

Guzmán 등²¹⁾은 음성훈련을 받지 않은 정상음성, 음성훈련을 받은 정상음성, 근긴장성 발성장애, 일측성 성대마비환자들을 대상으로 음성 상태에 따른 SOVTE의 효과를 비교한 결과, 빨대발성, 튜브발성, Lax Vox 후 모든 대상자들이 구강압과 성문하압, 성대접촉률(close quotient)이 증가하였다고 보고하였다.

국내에서는¹⁵⁾ Lax Vox 음성치료를 과다기능 음성장애인 연속성 발성장애 환자에게 실시한 결과, 기본주파수 및 주파수 변동률이 감소하여 음성 떨림이 개선되었으며 음성범위가 확장되었다. 이외에 최대발성지속시간(maximum phonation time) 또한 증가하였으며, VHI 총점과 전반적인 중증도(G)와 노력성(S)이 감소하여 음질이 개선되었다고 보고하였다.

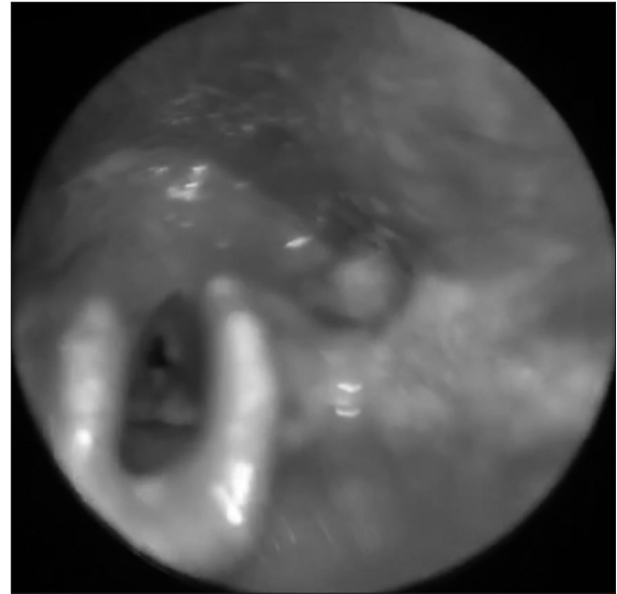


Figure 1. Endoscopic image of pre voice therapy.

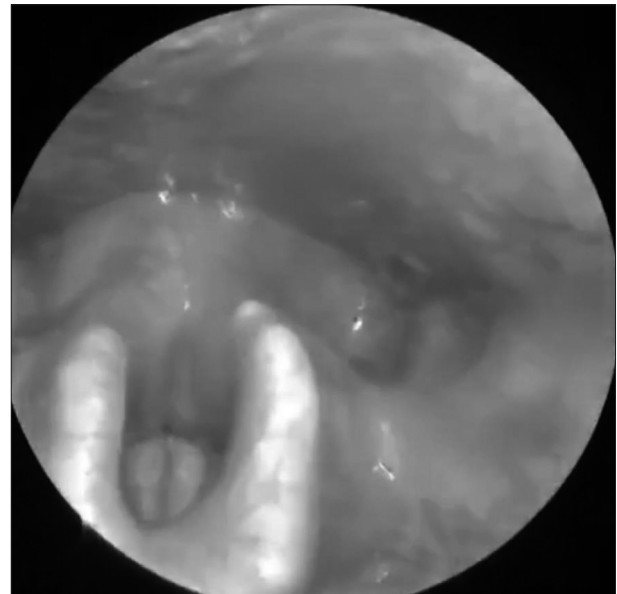


Figure 2. Endoscopic image of post voice therapy.

또한, 성대결절, 성대용종 및 근긴장성 발성장애를 가진 과기능적 음성장애 환자를 대상으로 후두마사지와 SOVTE를 실시한¹⁴⁾ 연구에서도 전반적인 중증도(G), 조조성(R), 기식성(B)등이 감소하였고 음성 개선에 즉각적인 효과가 있었다고 보고하였다.

한편, 최근 과소기능적 음성장애 환자인 파킨슨병 환자를 대상으로 Lax Vox 음성치료를 실시한³⁾ 연구에서는 폐활량(vital capacity)과 최대발성지속시간과 음성강도가 증가하고 성문하압이 감소하였으며, 음성 강도 변동률 관련 변수가 감소하고 CPP가 증가하였으며 음성범위가 확장되고 VHI-10 총

점이 감소하였다고 보고하였다. 그 결과 SOVTE가 파킨슨병 환자의 단음도 및 단강도, 음질을 개선시켰으며 효율적으로 음성을 산출할 수 있도록 하는 데 효과적이라고 보고하였다. 본 연구에서도 선행연구와 마찬가지로 유의한 치료효과를 보였다. 따라서 이러한 결과를 통해 SOVTE가 과기능적 음성장애 환자 및 신경학적 과소기능적 발성장애인 파킨슨병 환자뿐만 아니라 후두나 인두에 구조적 또는 신경학적 병변이 없는 기능적 실성증 환자에게도 효과적인 치료방법임을 확인하였다. 그러나, 본 연구는 치료 전후 공기역학적 매개변수의 변화 및 전기성문과형검사(electroglottography, EGG)의 성대접촉률의 변화를 함께 살펴볼지 못하였으며, 적은 대상자 수라는 제한점이 있다. 하지만 이러한 제한점에도 불구하고, 본 연구는 기능적 실성증 환자의 음성치료에 대한 근거기반치료로서 새로운 접근방식을 제시하였다는 데 의의가 있다. 향후에는 음향학적 매개변수와 더불어 공기역학적 평가 및 전기성문과형검사를 포함한 다양한 음성평가 변수를 통해 치료 전후 음성의 변화를 살펴보는 연구가 진행되어야 할 것이다.

결 론

본 연구에서 기능적 실성증 환자를 대상으로 SOVTE를 실시한 결과 음성의 강도가 증가하고 음질이 개선되어 효과적인 음성치료방법이 될 수 있음을 시사하였다. 더불어 본 연구 결과가 기능적 실성증을 가진 환자에게 SOVTE에 대한 증거기반중재(evidence-based practice)로 사용될 수 있는 근거를 제공할 것이라 사료된다.

중심 단어 : 반폐쇄성도훈련·기능적 실성증·음성치료.

REFERENCES

- Jin SM. Pathophysiology of Functional Dysphonia. *J Korean Soc Laryngol Phoniatr Logop* 2014;25(2):75-8.
- Monday LA. Clinical evaluation of functional dysphonia. *J Otolaryngol* 1983;12(5):307-10.
- Yoon YS. Voice therapy. In: *Korean society of laryngology, phoniatrics and logopedic. Editor. The Laryngology, phoniatrics and logopedics. 1st ed. Seoul: Ilchokak;2012. p.129.*
- Suh WJ, Hong YH, Choi JM, Jung EJ, Sung MW, Kim KH, et al. *Clinical Characteristics of Functional Dysphonia. J Korean Soc Laryngol Phoniatr Logop* 2006;17(2):127-32.
- Maniecka-Aleksandrowicz B, Domeracka-Kolodziej A, Rózak-Komorowska A, Szeptycka-Adamus A. Management and therapy in functional aphonia: analysis of 500 cases. *Otolaryngol Pol* 2006;60(2):191-7.
- Choi SH. Semi-occluded vocal tract exercise accent method, straw phonation, Lax Vox. *Journal of the Korean Association for Voice of Performing Arts* 2017;4:11-9.
- Titze IR. Voice Training and Therapy With a Semi-Occluded Vocal Tract: Rationale and Scientific Underpinnings. *J Speech Hear Res* 2006;49(2):448-59.
- Berry DA, Verdolini K, Montequin DW, Hess MM, Chan RW, Titze IR. A quantitative output-cost ratio in voice production. *J Speech Hear Res* 2001;44(1):29-37.
- Sihvo M, Denizoglu I. Lax vox voice therapy technique. Retrieved from <http://www.laxvox.com/on;2016>.
- Stathopoulos ET, Sapienza CM. Developmental changes in laryngeal and respiratory function with variations in sound pressure level. *J Speech Hear Res* 1997;40(3):595-614.
- Titze IR. Theory of glottal airflow and sourcefilter interaction in speaking and singing. *Acta Acust United Acust* 2004;90(4):641-8.
- Simberg S, Laine A. The resonance tube method in voice therapy: description and practical implementations. *Logoped Phoniatr Vocol* 2007;32(4):165-70.
- Chae HR. Effects of Lax Vox Voice Therapy on respiration and phonation in patients with Parkinson's disease [Master's thesis]. Gyeong-san: Daegu Catholic Univ.;2019.
- Kim JS, Lee DW, Choi CH, Choi SH. Effects of laryngeal massage and semi-occluded vocal tract exercises for patients with hyperfunctional dysphonia. *Communication Sciences and Disorders* 2017;22(4):806-17.
- Lim HJ, Choi SH, Kim JK, Choi CH. Effects of Lax Vox voice therapy in a patient with spasmodic dysphonia: a case report. *Phonetics and Speech Sciences* 2016;8(2):57-63.
- Fadel CBX, Dassie-Leite AP, Santos RS, Santos Junior CGD, Dias CAS, Sartori DJ. Immediate effects of the semi-occluded vocal tract exercise with LaxVox® tube in singers. *Codas* 2016;28(5):618-24.
- Titze IR, Liang H. Comparison of F0 extraction methods for high-precision voice perturbation measurements. *J Speech Hear Res* 1993;36(6):1120-33.
- Heman-Ackah YD, Heuer RJ, Michael DD, Ostrowski R, Horman M, Baroody MM, et al. Cepstral peak prominence: a more reliable Measure of Dysphonia. *Ann Otol Rhinol Laryn* 2003;112(4):324-33.
- Carson CP, Ingrisano DR, Eggleston KD. The effect of noise on computer-aided measures of voice: a comparison of cspeechsp and the multi-dimensional voice program software using the CSL 4300B Module and Multi-Speech for Windows. *J Voice* 2003;17(1):12-20.
- Choi SH, Choi CH. The effect of gender and speech task on cepstral-and spectral-measures of Korean normal speakers. *Audiology Speech* 2016;12:157-63.
- Guzmán M, Castro C, Madrid S, Olavarria C, Leiva M, Muñoz D, et al. Air pressure and contact quotient measures during different semioccluded postures in subjects with different voice conditions. *J Voice* 2016;30(6):759e1-10.