

양측성 성대결절 환자의 발성시작시간(VOT)에 관한 연구

울산대학교 의과대학 서울아산병원 이비인후과학교실 음성언어의학연구소
박선영 · 김성태 · 김상운 · 최승호 · 노종렬 · 남순열

= Abstract =

Voice Onset Time in Patients with Bilateral Vocal Nodules

Sun Young Park, MS, Seong-Tae Kim, MS, Sang Yoon Kim, MD,
Seung-Ho Choi, MD, Jong-Lyel Roh, MD and Soon Yuhl Nam, MD

*The Institute of Logopedics & Phoniatics, Department of Otolaryngology, Asan Medical Center, University of Ulsan
College of Medicine, Seoul, Korea*

Background and Objectives : There are few studies reported that specifically examined the voice onset time (VOT) in patients with bilateral vocal nodules. The purpose of this study was to study the characteristics of voice onset in patients with bilateral vocal nodules.

Materials and Methods : 52 female patients with bilateral vocal nodules were examined, aged from 20 to 54 years, and were compared with 25 normal female control group. All subjects produced five repetitions of the voiceless stops /p^h, t^h, k^h/ in vowel context /ai_a/. VOT was measured by the time between the release of the stops and the onset of voicing.

Results : VOTs of the voiceless stops /p^h/ and /t^h/ in patients with bilateral vocal nodules were significantly shorter than those of normal subjects. VOT of the /k^h/ in them was shorter than those of normals, but the difference was not significant. This results showed that VOTs of the voiceless stops in patients with bilateral vocal nodules were shorter than those of normal subjects.

Conclusion : The rapid onset of voicing in patients with bilateral vocal nodules might be associated with increased laryngeal muscle tension by hard glottal attacks. We suggest that VOT can be a clinically useful acoustic parameter for evaluating voice in patients with bilateral vocal nodules.

KEY WORDS : Voice onset time · Vocal nodules · Hard glottal attack.

서 론

최근 화상회선경술(videostroboscopy)과 high-speed image 등 첨단 광학기기를 통해 성대의 발성기전에 대한 연구들이 활발하게 이루어지고 있다. Koster 등¹⁾은 high-speed image와 MVAS(multidimensional voice analysis system)를 통해 발성시작(voice onset)에 대해 연구한 결과, hard onset은 soft onset보다 성대진동의 진폭(amplitude)이 더 빠르게 증가하였으며, 훨씬 더 강하게 성문폐쇄

가 이루어졌음을 보고하였다. Cooke 등²⁾은 후두내시경을 통해 hard, normal, breathy onset으로 성대 진동시작 양상을 구분하여 연구한 결과, 내전 시간(adduction gesture duration)은 hard onset이 가장 짧았으며, breathy onset이 가장 길었음을 보고하였다. 그 외 내전과 발성시작 간 최대 속도, 성문폐쇄와 진동시작 간 시간 차(latency), 경직성(estimated stiffness)은 hard onset이 가장 컸음을 보고하였다.

한편, 발성이 시작되는 순간을 측정하는 방법으로써 음향학적인 매개변수의 하나인 발성시작시간(voice onset time, VOT)이 있다. 이는 파열음 산출 시 터짐(burst)이 나타나는 순간부터 후행모음의 주기적 성대 진동시작까지의 시간을 말한다. Lofqvist³⁾는 무성파열음(voiceless consonant) 산출 시의 VOT에 관한 음향학적·공기역학적 연구를 실시한 결과, 조음기관 간 타이밍(interarticulator timing)이 VOT를 결정하는 중요한 요인이며, 성문의 열림

논문접수일 : 2006년 9월 6일
심사완료일 : 2006년 10월 13일
책임저자 : 남순열, 138-736 서울 송파구 풍납2동 388-1
울산대학교 의과대학 서울아산병원 이비인후과학교실 음성언어의학연구소
전화 : (02) 3010-3710 · 전송 : (02) 489-2773
E-mail : snyam@amc.seoul.kr

(glottal opening), 성문하 압력(transglottal pressure) 및 호기류(air flow), 성대의 긴장(vocal tension) 등이 관련된 요인일 수 있음을 보고하였다.

현재까지 신경학적 질환을 동반한 환자들을 대상으로 한 VOT 연구들은 많이 이루어져 왔다. Ozsancak 등⁴⁾은 Parkinson disease 환자의 VOT가 정상보다 길었음을 보고하였고, Max 등⁵⁾은 말더듬 환자의 VOT가 정상보다 증가되었음을 보고하였다. 그러나, 양성 성대질환 환자를 대상으로 한 VOT 연구는 아직까지 거의 이루어지지 않았다. 이에 저자들은 대표적인 양성 성대질환의 하나인 성대결절(vocal nodules) 환자를 대상으로 한국어 파열음 산출 시 VOT를 측정하여 발성 시 나타나는 성대 진동시작의 양상을 살펴보고자 하였다.

대상 및 방법

2006년 1월부터 8월까지 본원에서 화상회선경술을 통해 양측성 성대결절로 진단받은 여성 52명을 대상으로 하였다. 대상군의 연령분포는 20세에서 54세로 평균 연령은 37세였으며, 20대 12명(23%), 30대 17명(33%), 40대 16명(31%), 50대 7명(14%)이었다. 유병기간은 평균 1.2년 이었고, 직업분포는 직업적 음성사용자(professional voice user)가 69%(36명)로 나타났다. 대조군은 폐질환이나 후두질환 병력이 없고, 정상 청력을 보유하고 있으며, 환자군과 연령별 분포에 차이가 없는 정상 성인 여성 25명으로 하였다. 단, 결절의 크기가 성대 막양부 10분의 1(약 1mm) 이하인 환자들은 대상에서 제외하였고, 음성에 영향을 줄 수 있는 질환(URI, LPR, allergies, etc.)을 동반한 경우도 대상에서 제외하였다.

VOT는 한국어 파열음 중 기식음 구간이 가장 길고 명확한 격음 /p^h, t^h, k^h/로 측정하였으며, 조음 위치에 따른 변

수를 최소화하기 위해 무의미어절인 /ai_a/속에 각각의 음소를 결합하여 측정하였다. 대상자는 한 어절 당 0.6±0.1초의 속도로 검사어를 산출할 수 있도록 충분한 연습을 거친 후, 각각의 어절을 5회 반복 산출하여 평균값을 측정하였다. 녹음 시 마이크는 대상자의 입 측면 10cm의 거리에 위치하였고, 평상 시 사용하는 자연스러운 음도(pitch)와 강도(loudness)의 음성으로 검사어를 산출하도록 하였다.

음성 분석은 CSL(computerized speech lab, model 4500, Kay Elemetrics Corporation, Lincoln Park, NJ)을 사용하였으며, sampling rate는 12.5kHz였다. VOT는 CSL 프로그램의 oscillogram과 spectrogram을 동시에 이용하여 측정하였다(Fig. 1). 또한 VOT에 영향을 줄 수 있는 공기역학적 변수들을 비교하기 위해서 Aerophone II (Model 6800, Kay Elemetrics Corporation, Lincoln Park, NJ)를 이용하여 최대발성지속시간(maximum phonation time, MPT), 평균호기류율(mean airflow rate, MFR), 성문하압(subglottal pressure, Psub)을 측정하였다.

MPT와 MFR은 대상자가 충분한 흡기 후 공기밀폐형 마스크를 얼굴에 밀착해 편안한 음성으로 /a/ 연장발성을 가능한 길게 지속하도록 하였고, 3회 반복 측정하여 최대값에 해당하는 값으로 측정하였다. Psub는 마스크 내부에 직경 2mm 정도의 실리콘 튜브를 끼운 후 마스크를 얼굴에 밀착시키고 튜브를 가볍게 문 채로 /ipipi/를 5회 반복 산출하여 중간 3회 산출 시 평균값을 측정하였다.

통계분석은 대상군과 대조군 간 VOT 차이를 비교하기 위해서 independent sample t-test(SPSS Ver. 12.0)를 시행하였으며, 환자군 내 연령대 별 VOT 비교를 위해 one-way ANOVA 및 Scheffe test를 시행하였다. 아울러, VOT와 공기역학적 변수 간의 상관관계를 알아보기 위하여 이변량 상관분석을 함께 실시하였고, 유의수준은 95%로 검정하였다.

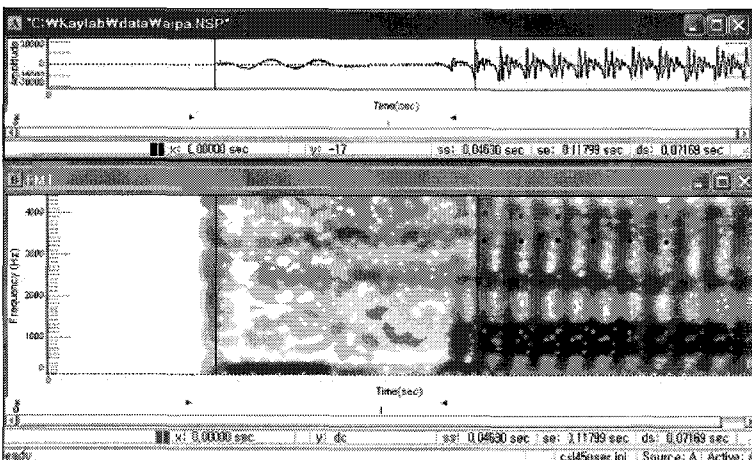


Fig. 1. The oscillogram and spectrogram of acoustic signals. This figure showed the VOT oscillogram and spectrogram of acoustic signal, /aip^ha/. VOT was measured by the time between the burst of the stop /p^h/ and the onset of voicing of the second vowel /a/.

Table 1. VOT between vocal nodules patients and control group

Stop consonant	Nodule (n=52)		Normal (n=25)		t	p
	Mean (msec)	SD	Mean (msec)	SD		
/p ^h /	39.48	9.67	44.76	6.24	-2.88	0.005*
/t ^h /	44.02	9.63	50.80	11.48	-2.72	0.008*
/k ^h /	68.06	10.04	72.24	6.93	-1.88	0.064

* : p<0.05, independent-sample t-test

Table 2. VOT within vocal nodules patients by age (n=52)

Stop consonant	20		30		40		50		F	p
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD		
/p ^h /	34.92	10.60	40.25	10.43	40.35	8.85	43.43	6.63	1.392	0.257
/t ^h /	39.17	10.22	47.50	11.05	45.29	8.25	41.29	4.19	2.131	0.109
/k ^h /	62.17	11.99	68.94	11.81	70.71	6.01	69.71	7.27	1.986	0.129

* : p<0.05, one-way ANOVA, Scheffe test. unit : msec

Table 3. Aerodynamic measures between vocal nodules patients and control group

Parameter	Nodule		Normal		t	p
	Mean	SD	Mean	SD		
MPT(sec)	16.0	10.2	17.2	4.5	-0.517	0.608
MFR(ml/sec)	186	87	156	56	1.334	0.191
Psub(cmH ₂ O)	10.07	2.91	8.30	1.36	2.098	0.043*

MPT : Maximum Phonation Time, MFR : Mean Airflow Rate, Psub : Peak subglottal pressure. * : p<0.05, independent-sample t-test

결 과

양측성 성대결절 환자를 대상으로 파열음 산출시 파열이 일어나는 순간부터 후행모음의 성대진동 시작까지의 시간을 나타내는 VOT를 측정하여 정상군과 비교해 본 결과, 격음 /p^h/와 /t^h/에서의 VOT는 정상군에 비해 통계적으로 유의하게 짧은 것으로 나타났다(p<0.05). 또한, 격음 /k^h/는 양측성 성대결절 환자군의 VOT가 정상군에 비해 다소 짧은 경향을 보였으나, 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table 1).

VOT가 양측성 성대결절 환자들의 연령에 따라 어떠한 영향을 받는지 알아보기 위해 환자군을 20대, 30대, 40대, 50대로 분류하였고, 연령대 별로 VOT를 비교해 본 결과, 각각의 연령대 간 VOT는 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 2).

VOT에 영향을 줄 수 있는 공기역학적 변수들을 측정된 결과, MPT는 성대결절 환자군이 정상군보다 짧은 경향이 나타났고, MFR은 성대결절 환자군이 정상군보다 높은 경향이 나타났으나, 통계적으로 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다. 단, Psub는 성대결절 환자군이 정상군보다 유의하게 높은 것으로 나타났다(p<0.05, Table 3).

공기역학적 변수들 중 유의한 차이를 보인 Psub와 VOT 간의 상관관계를 분석해 본 결과, 격음 /p^h/, /t^h/, /k^h/ 모두

의 VOT는 Psub와 통계적으로 유의한 상관관계가 없는 것으로 나타났다.

고 찰

많은 연구자들이 음성의 오·남용이 성대결절이나 성대폴립(vocal polyp)과 같은 성대 질환을 야기한다고 보고하고 있으나, 이러한 대표적 양성성대질환들의 발생학적 원인이 구체적으로 어떠한 성대의 접촉양상(vocal behavior)으로 야기되는지에 대하여 명확히 규명하는 문헌은 거의 없었다.

Andrade 등⁶⁾은 과기능적(hyperfunctional) 음성문제를 가진 환자들을 대상으로 심한 성대접촉(hard glottal attack)의 빈도를 연구한 결과, 양성성대질환(성대낭종, 양측성 성대결절) 및 MTD(muscle tension dysphonia) 환자군이 정상 대조군보다 심한 성대접촉의 빈도가 유의하게 높았으며, 특히 양측성 성대결절 환자군이 일측성 성대낭종 및 성대낭종과 성대결절(reactive nodule)을 동반한 환자군보다 높은 빈도의 심한 성대접촉 양상을 나타내었음을 보고하였다. 한편, 이 저자들은 이러한 심한 성대접촉 양상은 정상인에서도 나타날 수 있으나, 정상적인 빈도와 비정상적인 빈도의 기준에 대한 연구는 아직 확립되어 있지 않다고 보고하였다.

Werner-Kukuk 등⁷⁾은 ultra high-speed cinematograph를 사용하여 성대 진동을 연구한 결과, 심한 접촉(hard attack) 시 성문은 더욱 강한 힘에 의해 폐쇄가 이루어지고, 기식성 접촉(breathy attack) 시 성대가 매우 느리게 내전됨을 보고하였다. 또한 Wittenberg 등⁸⁾은 high-speed kymography를 통해 성대진동을 연구한 결과, 정상인에서 강한 성대진동 시작(hard vocal initiation)시 성대가 정상적 진동 시작보다 빠르게 움직이는 양상을 보고하였고, 일측 성대부종(vocal edema)이 있는 환자의 경우 성문폐쇄가 이루어지지 않고 양측의 성대 진동수가 일치하지 않음을 보고하였다.

이러한 선행연구들의 결과들을 볼 때, 본 연구에서 양측성 성대결절 환자의 VOT가 정상보다 유의하게 짧은 결과가 나타난 것은 아마도 발생 시작 시 성대의 과도한 근육 긴장으로 인한 심한 성대접촉으로 성대진동이 빠르게 시작되었기 때문으로 사료된다.

한편, 성대결절이 있을 경우 발생 시 부적절한 호흡지지(breathing support)로 후두 근육을 과도하게 사용함으로써 후두의 과기능(laryngeal hyperfunction)이 나타날 수 있다.⁹⁾ Jiang & Titze¹⁰⁾는 성문하압 증가가 성대에 비정상적으로 지속적인 심한 충격을 주어서 성대결절을 야기할 수 있다고 보고하였다. Sapienza 등¹¹⁾은 양측성 성대결절을 가진 여성 환자들을 대상으로 CSpeech(ver. 4.0)를 이용하여 공기역학적 평가를 실시한 결과, 환자군이 alternating, peak, minimum glottal airflow가 정상군보다 유의하게 높았음을 보고하였다.

Holmberg 등¹²⁾은 양측성 성대결절이 있는 여성을 대상으로 음향학적·공기역학적 연구를 실시한 결과, MFDR(maximum flow declination rate), AC flow(alternating glottal airflow), transglottal pressure가 정상군에 비해 높게 나타났음을 보고하였다. 이 저자들은 MFDR이 높은 것은 성대의 내전 속도가 빠른 것을 보여주며, 이러한 비정상적인 빠른 내전 속도는 과기능적 음성장애(hyperfunctional voice disorders)를 가진 환자들에게서 나타나는 양상이라고 하였다. 본 연구에서도 성대결절 환자의 성문하압이 유의하게 정상군에 비해 높은 것으로 나타나 선행연구들과 일치하는 결과를 보였다.

그러나, 본 연구에서는 성대결절 환자의 짧은 VOT가 성문하압의 증가와 유의한 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 이는 VOT가 대상군의 균질여부나 대상자의 개인차에 기인한 것으로 사료되며, 공기역학적 변수들 뿐만 아니라 심한 성대접촉을 일으키는 후두근육들의 긴장도 등 다양한

변수들의 영향을 받을 수 있음을 시사하는 것으로 생각된다.

이상의 결과들을 종합해 볼 때, VOT는 양성 성대결절환의 발생시작 시의 특성을 잘 보여주는 유용한 음향학적 변수로 생각되며, 향후 성대결절환의 발생기전을 규명하는데 매우 유용한 지표로 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

결론

과열음 산출 시, 양측성 성대결절 환자들은 정상인보다 성대 진동을 보다 빠르게 시작하는 발생 양상을 보이는 것으로 나타났다. 이는 심한 성대 접촉을 일으키는 과도한 후두근육들의 긴장과 관련이 있으며, 증가된 성문하압과도 관련이 있는 것으로 생각된다. 그러므로 향후 임상에서 양측성 성대결절 환자들의 음성 평가 시 다른 음향학적인 변수들과 함께 VOT를 조사해야 할 것으로 사료된다.

중심 단어 : 발생시작시간 · 성대결절 · 심한성대접촉.

REFERENCES

- 1) Koster O, Marx B, Gemmar P, Hess M, Kunzel HJ. *Qualitative and quantitative analysis of voice onset by means of Multidimensional Voice Analysis System (MVAS) using high-speed imaging.* J Voice 1999;13 (3):355-74.
- 2) Cooke A, Ludlow C, Hallett N, Selbie S. *Characteristics of vocal fold adduction related to voice onset.* J Voice 1997;11 (1):12-22.
- 3) Lofqvist A. *Acoustic and aerodynamic effects of interarticulator timing in voiceless consonants.* Lang Speech 1992;35:15-28.
- 4) Ozsancak C, Auzou P, Jan M, Leonardon S, Gaillard MJ, Hannequin D. *Pseudobulbar and parkinsonian dysarthria: an acoustical analysis.* J Neurol 1997;244:553.
- 5) Max L, Gracco VL. *Coordination of oral and laryngeal movements in perceptually fluent speech of adults who stutter.* J Speech Lang Hear Res 2005;48:524-42.
- 6) Andrade DF, Heuer R, Hockstein NE, Castro E, Spiegel, Joseph R, et al. *The frequency of hard glottal attacks in patients with muscle tension dysphonia, unilateral benign masses and bilateral benign masses.* J Voice 1999;14 (2):240-6.
- 7) Werner-Kukuk E, Leden H. *Vocal initiation: high speed cinematographic studies on normal subjects.* Folia Phon 1970;22:107-16.
- 8) Wittenberg T, Tigges M, Mergell P, Eysholdt U. *Functional imaging of vocal fold vibration: digital multislice high-speed kymography.* J Voice 2000;14 (3):422-42.
- 9) Sataloff RT. *The human voice.* Sci Am 1992;12:2-9.
- 10) Jiang JJ, Titze IR. *Measurement of vocal fold intraglottal pressure and impact stress.* J Voice 1994;8 (2):132-44.
- 11) Sapienza CM, Stathopoulos ET. *Respiratory and laryngeal measures of children and women with bilateral vocal fold nodules.* J Speech Lang Hear Res 1994;37:1229-43.
- 12) Holmberg E, Doyle P, Perkell J, Hammarberg B, Hillman R. *Aerodynamic and acoustic voice measurements of patients with vocal nodules: variation in baseline and changes across voice therapy.* J Voice 2003;17 (3):269-82.