

# 후두질환에 따른 자음의 음성발현시간의 특성

전북대학교 의과대학 이비인후과학교실

홍기환 · 이화욱 · 김진성 · 이은정 · 소상수 · 최동일 · 양윤수

= Abstract =

## The Characteristics of Voice Onset Time of the Korean Stops in the Benign Laryngeal Disorders

Ki Hwan Hong, MD, Hwa Uk Lee, MD, Jin Sung Kim, MD, Eun Jung Lee, MD,  
Sang Soo So, MD, Dong Il Choi, MD and Yoon Soo Yang, MD

Department of Otolaryngology-HNS, Medical School, Chonbuk National University, Jeonju, Korea

**Background and Objectives :** Voice onset time (VOT) is defined as the time interval from oral release of a stop consonant to the onset of glottal pulsing in the following vowel. VOT is a temporal characteristics of stop consonants that reflects the complex timing of glottal articulation relative to supraglottal articulation. Stop consonants are characterized by creation of a pressure difference across a complete occlusion in the vocal tract, followed by a sudden release "burst" due to opening that occlusion. The objects of this study is to evaluate a usefulness of voice onset time in the assessment of voice disorderd patients.

**Subjects :** Subjects were 20 adults with normal voice and with benign laryngeal disorders. Subjects with voice disorders represented the following vocal pathologies : vocal polyp, vocal nodule, Reinke's edema and unilateral vocal fold paralysis (UVFP). Control subjects were matched for age (21-40 years old) and sex (male) with the voice disorders subjects and had normal vocal qualities with no history of voice disorders.

**Methods :** Each voice-disordered and matched control subject read the test passages containing three types of Korean bilabial consonants. VOT measures were made for the initial /p/, /p<sup>h</sup>/ and /p'/. VOT was measured using acoustic waveform or wide band spectrogram.

**Results :** For each voiceless stop consonants, there was a significant difference in VOT between the voice disordered and normal subjects. The mean VOTs of the lax stops in UVFP was significantly shorter than those of control subjects in the UVFP. The mean VOTs of the aspirated stops in the vocal polyp and nodule were longer than those of control subjects, but not significant. The mean VOTs of the glottalized in voice disordered groups were longer than those of control subjects, and significant statistically in the UVFP.

**Conclusions :** VOT may be a clinically useful acoustic parameter in the assessment of voice disordered patients, especially in the unilateral vocal fold paralysis.

**KEY WORDS :** Voice onset time · Benign laryngeal disorders.

## 서 론

음성발현시간이란 성문상부의 조음을 의미하는 폐쇄 자음의 시간적인 특징으로서 자음의 구강 방출로부터 모음을 위한 성문 진동 시작 직전까지이다. 폐쇄 자음은 성문상부

의 갑작스런 열림에 의해 증가된 구강압력이 방출되어지고 구강개방을 통한 기류가 방출되는데 음향학적인 결과로는 일시적인 소음의 방출이 나타나게 되는데 이 소음은 성문에서 발생하는 기식현상(aspiration)과 구강의 수축에 의한 거친 공기(turbulence)로 인해 발생하는 소리이다.<sup>1)2)</sup> 폐쇄 자음 발생시 후두가 어떻게 기능하며 어떠한 현상으로 나타나는가를 알기 위한 연구에는 크게 음향음성학적 및 생리학음성학적 방법으로 구분할 수 있으며 후두 기능에 미치는 음성발현시간의 임상적 적용 가능성을 평가하기 위해서는 파열폐쇄자음의 음성생성의 특징을 이해하는 것은 중요하다.<sup>3-5)</sup>

논문접수일 : 2006년 9월 1일  
심사완료일 : 2006년 10월 9일  
책임저자 : 홍기환, 561-712 전북 전주시 금암동 산 2-20  
전북대학교 의과대학 이비인후과학교실  
전화 : (063) 250-1990 · 전송 : (063) 250-1986  
E-mail : khhong@chonbuk.ac.kr

과열음이 생성되기 위해서는 먼저 구강 혹은 인강 폐쇄 동안에 구강압력이 빠르게 증가해서 성문하압과 같아지면 균등화된 경성문압(transglottal air pressure)은 성대진동을 멈추게 하는 무성폐쇄음에 필요한 무성음화가 이루어지는데 성대가 상대적으로 열린 위치에서 닫히는 시간까지의 시간이 음성발현시간이다.<sup>5)</sup> 폐쇄자음시 구강 혹은 인강 폐쇄 동안 성대는 진동하지 않기 위해 성대가 외전한다는 사실은 내시경, 후두근전도 및 음향학적 연구에서 밝혀졌다.<sup>3-5)</sup> 성대외전은 운상갑상 연골의 보완적 조절과 함께 후운상피열연골과 내피열근의 상호활동에 의해 조절된다. 즉 후운상피열연골은 증가된 활동을 보여주고 반면에 내측피열연골의 수축은 활동을 억제한다. 반면에 성대내전은 보완적으로 내전조절을 제공하는 외측 운상피열연골과 함께 내피열연골과 후운상피열근의 상호작용에 의해 조절된다. 성문 상부 폐쇄가 일어난 후 다음 단계로 무성폐쇄음의 생성이 일어난다.<sup>4)6)</sup> 음성발현시간에 대한 연구는 특히 언어생성에 관여하는 운동장애를 가진 환자들을 대상으로 주로 연구되어 왔으며 언어장애에 대한 치료 전이나 치료 후에 이루어지는 몇가지 음향학적 평가들 중의 하나이다. 음성발현시간은 특히 조음 장애를 가진 아이들과 말더듬 아이들에 대한 연구에 이용되어 왔다.<sup>7-11)</sup> 몇몇 연구에서 말더듬 아이들의 음성발현시간이 정상적으로 유창하게 말하는 사람에 비해 상당히 길다는 것을 보고하였지만 성인에 대한 연구는 말더듬이 있는 사람들과 정상적인 사람들 사이의 음성발현시간에서 어떠한 상당한 차이가 없다는 보고도 있다.<sup>8)</sup> 또한 기능적 음성장애의 대부분은 성대접촉의 문제와 직접적인 관련이 있어 음성발현시간이 과기능 음성장애환자의 평가와 치료에 있어 임상적으로 유용하게 쓰이는 음성지표가 될 수 있는데 치료과정 동안 후두의 과기능 특히 근육긴장이 나타나 음성발현시간에 변화가 초래될 수도 있다. 또한 일반적인 성대질환 환자에서도 발성 시 후두에서 지나친 근육의 긴장이 있고 성대의 외전과 내전에 대한 비정상적인 조절이 있을 수 있어 음성발현시간에도 영향을 나타낼 수도 있다.<sup>12)</sup> 본 연구의 목적은 후두질환에 대한 음성발현시간의 연구가 매우 미비한 현실로서 각종 후두질환에 대한 음성발현시간을 측정하여 후두질환 시 음성장애의 하나의 유의한 지표로서 사용될 수 있는지에 대한 여부를 규명하기 위함이다.

## 연구 대상 및 음성표본

본 연구 대상은 이비인후과적 병력이 없는 정상인 남자와 성대 폴립, 성대결절, 성대부종증 및 성대마비 환자 각각

20명씩을 대상으로 하였다. 대조군의 연령은 27세부터 35세로 평균 28세였으며, 실험군은 28세에서 40세였다. 사용된 문형은 연구방법에 따라 /CVCV/형태의 무의미 단어를 사용하였으며 음절의 초성과 중성의 자음에 대해 역점을 두어 선택하였다. 연음, 기식음 및 경음을 위해 각각 /pipida/ (비비다), /p<sup>h</sup>ip<sup>h</sup>ida/ (피피다)와 /p'ip'ida/ (삐삐다)를 연속하여 5회 발성케 한 후 안정되게 발성된 3회의 음성을 평균하였다.

## 녹음방법

소음이 없는 방음실 내에서 피실험인에게 고정된 헤드폰을 통해 오른쪽 귀에 60dB의 백색잡음을 제시한 상황에서 음성언어 표본을 발화하게 하였다. 소음 제시 레벨 60dB는 일상 생활의 노출 가능성이 비교적 높으며, 발화에 영향을 끼치는 수준으로 정한 것이다. 녹음 시 다이내믹 마이크로폰(MD 425, Sennheiser社)과 음성녹화용 아날로그 테이프를 이용하였고, 피실험인에게 마이크와의 거리는 10cm를 유지하도록 하였다. 녹음된 자료는 CSL(Computerized Speech Lab, model 4305, Kay elemetrics, USA)을 이용하여 디지털화하였다.

## 분석방법

음성발현시간의 측정은 광대역 스펙트로그램, 협대역 스펙트로그램 및 음성파형 모두를 종합적으로 이용하여 측정하였다. 광대역 스펙트로그램에서는 구강이 열림과 동시에 생성되는 음의 과열점으로부터 음형대가 형성되기 시작하는 점까지를 의미하며, 협대역 스펙트로그램에서는 음의 과열 후 정상적인 주파수의 조화음(harmonics)이 생성되는 시점까지를 의미한다. 그리고 음성파형에서는 음이 과열하여 음성에너지가 첫 번째로 갑작스러운 증가하는 부위로부터 이어지는 불규칙적인 소음성 음성 파형을 지나 첫 번째로 예상되는 규칙적인 음성파형이 나타나는 지점까지를 의미한다. 측정의 정확성 및 객관성을 위해 음성파형 및 스펙트로그램을 동시에 비교하여 측정하였다(Fig. 1, 2).

## 결 과

통계적인 분석의 결과에 따른 폐쇄자음에 대한 정상과 질환군 사이의 음성발현시간 평균값과 표준편차는 Table 1과 같다.

연음에서의 음성발현시간은 정상에서 47.6msec 였으며

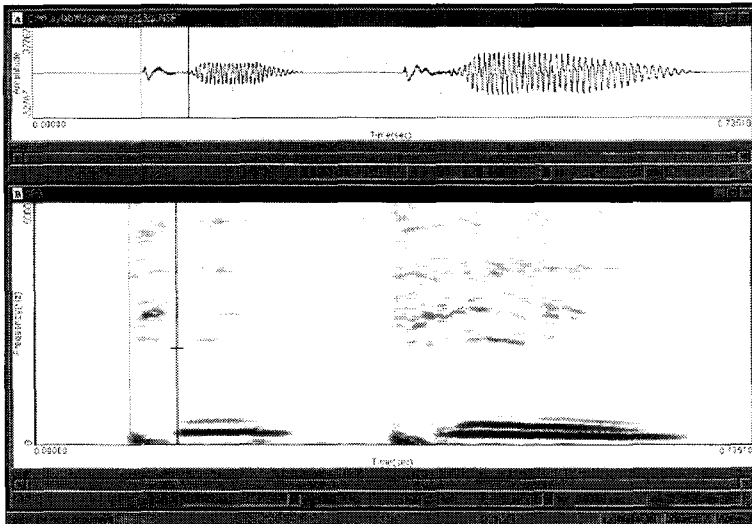


Fig. 1. Acoustic waveform and narrow-band spectrogram during the production of /pipida/ and /phi-p'ida/. Two vertical lines stand for voice onset time.

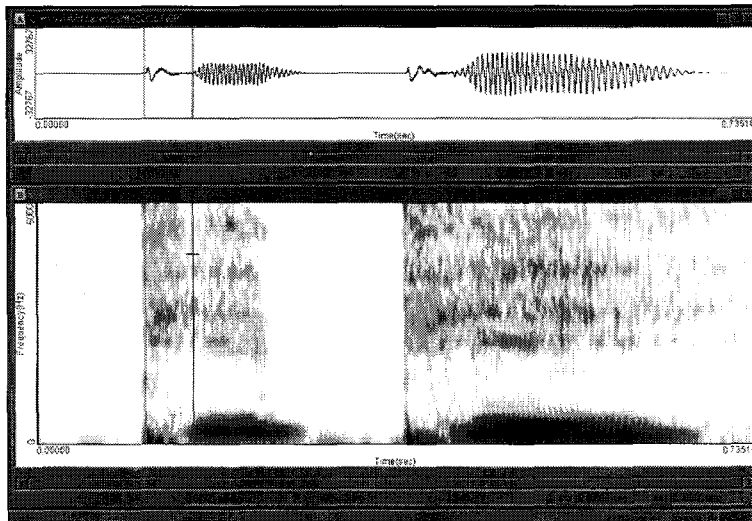


Fig. 2. Acoustic waveform and wide-band spectrogram during the production of /pipida/ and /phi-p'ida/. Two vertical lines stand for voice onset time.

Table 1. Mean values of voice onset time (msec)

	P	Ph	P'
Normal	47.6(17.8)	57.9(19.9)	9.63(3.8)
Polyp	49.0(18.2)	68.3(16.4)	11.1 (5.5)
p-value	0.8014	0.0706	0.3125
Nodule	51.5(16.9)	63.3(18.5)	12.64(6.9)
p-value	0.3125	0.4753	0.1001
Edema	53.6(15.7)	68.9(15.7)	12.1 (6.7)
p-value	0.2496	0.0538	0.1051
Palsy	30.8(10.9)	56.7(11.8)	14.4 (5.6)
p-value	0.0008	0.8221	0.0067

Blanket numbers are for standard deviations

용종, 결절, 부종증에 및 일측성대마비에서 49msec, 51.5 msec, 53.6msec 및 30.8msec로서 결절 및 부종증에서 증가하는 추세였지만 통계적으로 유의하지 않았고 일측성 대마비에서 유의하게 감소하였다. 기식음에서는 정상에서

57.9msec 였으며 용종, 결절, 부종증에 및 일측성대마비에 서 68.3msec, 63.3msec, 68.9msec 및 56.7msec로서 용종, 결절 및 부종증에서 증가하였지만 통계적으로 유의하 지는 않았다. 경음에서는 정상에서 9.6msec 였으며 결절, 부종증에 및 일측성대마비에서 11.1msec, 12.1msec 및 14.4msec로서 모두 증가하였으나 일측성대 마비에서만 유의하게 증가하였다(Fig. 3).

## 고 찰

후두 기능 중 파열 폐쇄자음의 생성과 음성발현시간의 특 징을 이해하기 위해서는 성문상부의 조음운동을 이해하여 야 한다. 무성폐쇄자음이 발화되기 직전의 구강압력은 증가 된 상태로서 성대는 열린 상태이며 성문상부의 압력과 성 문하압은 구강압력과 같아진다.<sup>2)</sup> 성문상-하부 압력의 이리

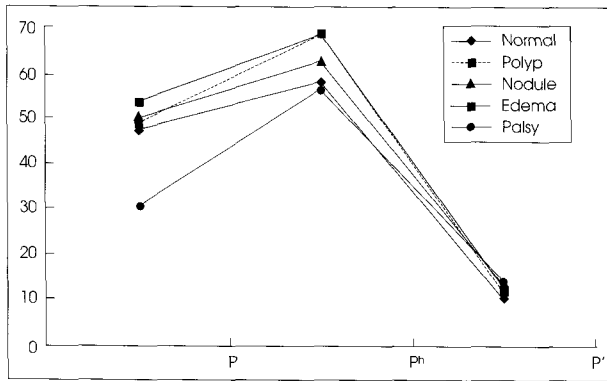


Fig. 3. The mean data of voice onset time(msec) for the patients of benign laryngeal disorders.

한 균등화는 무성자음에 대한 수동적 조절기능으로 성대는 무성음 파열시 진동을 막도록 외전된 상태로 유지하기 위함이 내시경적, 후두근전도적 그리고 음향학적으로 밝혀졌다.<sup>4)6)</sup> 특히 한국어 무성자음들에 대한 연구는 내시경적 및 음향학적 연구에서 경음은 성대가 완전히 닫혀 있으면서 성문하 공기압이 증가되어 있는 상태에서 경직된 성대가 갑자기 이완되면 성대의 좁은 사이를 통해 공기가 나오면서 경음이 파열되게 되는데 기식음인 경우에는 증가된 성문하 공기압에 의해 성대가 열린 상태에서 공기가 나오면서 파열이 되지만 연음인 경우에는 위의 특이한 현상들이 나타나지 않는다고 보고하였다.<sup>4)13)14)</sup> Hirose 등<sup>6)</sup>은 한국어 자음에 대해 성대내전근을 이용한 전기근전도 검사를 시행하여 기식음이 파열되기 위해서는 성대내전근의 활동력이 가장 억제되어 있었고 경음에서는 성대내전근의 활동력이 가장 증가되어 있기 때문에 경음이 파열할 때에는 성대가 닫혀 있으면서 긴장도가 가장 큰 상태를 유지한다고 설명하였으며 연음인 경우에는 성대내전근의 특이한 억제나 증가는 나타나지 않는다고 설명하였다. 후운상 피열근이 한국어 자음생성시 어떠한 역할인 가에 대해서는 Hong 등<sup>4)</sup>의 보고에 의하면 성대근뿐만 아니라 후운상피열근의 활동을 상호 비교해 본 결과 경음에서는 성대의 진동이 있기 전에 후운상피열근의 현저한 활동저하와 함께 바로 이어지는 성대근의 현저한 활동증가에 의해 나타난다고 하였다. 기식음에서는 후운상피열근의 활동증대가 있을 후 바로 이어지는 성대근의 활동증대에 의해 강한 기식현상이 나타난다고 볼 수 있고 연음에서는 후운상피열근의 적당한 활동증대와 성대근의 적은 활동증가에 의해 약한 기식현상이 나타난다고 볼 수 있다.

음성발현시간은 성문상부 조음에 관련된 성문 조음의 시간적 차이를 통해 구분되며 청각적인 신호로 표현된다. 음성 발현시간이 0인것은 파열의 방출 시작과 성문 진동이 동

시에 이루어진 것이며 양성(positive) 값은 파열방출 후 성문 진동이 시작한다는 것을 나타내는 반면에 음성(negative) 값은 파열방출 전에 성문진동이 시작한다는 것을 의미한다. 일반적으로 유성 폐쇄음 자음은 성문상부 조음기관의 방출과 첫 성문 진동사이에서 짧은 지연에 의하며 양순음에서는 0~5msec, 치조음에서는 0~25msec, 연구개음에서는 0~30msec으로 규정된다. 무성 폐쇄음에 대한 음성발현시간은 조음기관의 방출과 첫 성문진동사이에서 긴지체가 있기 때문이며 성인에서 긴 지체 유성음화 범위는 40~100msec로 규정된다. 평균 값은 양순음에서는 47~81msec, 치조음은 65~87 msec 그리고 연구개음은 70~90msec로 보고되었다. 일반적으로 음성발현시간의 측정은 대개 광역 스펙트로그램이나 음성파형을 이용하여 측정된다. 광역 스펙트로그램으로 측정된 값은 파열 방출의 시작으로부터 성대진동이 나타내는 첫 세로 줄무늬까지의 시간을 나타내며 음성파형에서는 잡음 후 음성에너지가 첫 번째로 갑작스러운 증가하는 부위로부터 이어지는 불규칙적인 음성 파형을 지나 첫번째로 예상되는 규칙적인 음성파형이 나타나는 지점까지를 의미하는데 컴퓨터의 발달로 보다 쉽게 측정할 수 있게 되었다.<sup>12)</sup>

음성발현시간은 성문상부와 성대 사이의 기능적 관계를 간접적으로 나타내어 몇가지 후두 기능의 모습을 반영한다. 후두의 외전근과 내전근의 상호간의 활동에 의해 조절되는 성대의 외전과 내전은 폐쇄음들의 음성특징을 결정되므로 음성발현시간이 성문 하압에 대한 성대 저항을 조정하고 성대 접근에 대한 어려움이 있을 경우 후두의 상태를 반영할 수 있는 평가이다. 과기능 음성 장애를 갖고 있는 환자들은 성대가 적절한 시간내에 내전하여 진동하는 것을 방해하는 과도한 근육의 긴장을 가지고 있다고 추측할 수 있다. 그러므로 정상적인 화자와 비교한다면, 과기능 음성 장애를 가진 환자군에서 무성음에 대한 음성발현시간의 평가는 상당히 중요하다고 볼 수 있다.<sup>12)</sup> 본 연구에서 나타난 결과에 의하면 음성장애 피실험자와 정상피실험자 사이의 음성발현시간은 매우 다르게 나타났다. 성대결절, 폴립 및 낭종환자에서 정상에 비해 음성발현시간이 길게 나타났다. 이러한 사실은 성대점막의 질환에 의한 직접적인 영향은 아니다. 즉 성대질환으로 인해 발성이 자연스럽지 못하고 경부근육의 과도한 긴장으로 인해 과기능 음성장애와 비슷한 상태로서 특히 발성시작시 성대내전의 어려움으로 인해 음성발현시간에 영향을 미치는 것이다. 즉 후두내근의 과도한 긴장은 적절한 시간의 성대접근과 진동을 방해하며 특히 성대상부의 긴장 및 수축은 성문을 통과하는 공기의 압력 및 음성의 진행을 억제하므로 성문의 규칙적인 진동이 억제되

어 음성은 폐쇄하는 동안 늦게 나온다.

이러한 과기능 음성장애를 가지고 있는 환자들이 경험하는 성대의 어려움은 특히 발성시작시 후두내근의 적절한 조절이 어려워 음성발현시간의 변화로 나타날 수 있는데 성대와 성대상부의 과도한 근육긴장에 의한 나타난다. 그러나 일측 성대마비에서는 오히려 음성발현시간이 짧았다. 이는 성대마비에서는 발성장애에 의한 후두 및 경부의 근육긴장 현상이 과기능 성대질환과 같은 현상으로 나타날 수 있지만 오히려 후두마비로 인해 후두내근 및 성대상부의 저하된 긴장도는 성문을 통과하는 공기의 압력이 저하되어 성대의 내전이 빨라질 수 있을 것이다. 그러므로 오히려 음성의 진행이 촉진되어 음성은 폐쇄하는 동안 빨리 나오게 된다. 결론적으로 성대결절, 폴립 및 성대낭종 등의 음성장애 환자는 후두의 증가된 긴장이 성문압력을 증대시켜 성대의 진동이 억제되기 때문에 정상인에 비해 무성음 발생시 음성발현시간이 정상인에 비해 길게 나타날 수도 있지만 통계적으로 유의하지 않았다. 일측 성대마비에서는 후두마비로 인해 후두내근 및 성대상부의 저하된 긴장도는 성문을 통과하는 공기의 압력이 저하되어 성대의 내전이 빨라져 음성발현시간이 짧아진다. 그러므로 음성발현시간의 측정은 보다 많은 환자에 대한 연구가 진행된다면 음성장애 환자의 평가에 임상적으로 유용하게 쓰일 수도 있는 음성지표일 수 있다.

**중심 단어 :** 음성발현시간 · 양성후두질환.

## REFERENCES

- 1) Klatt DH. *Voice onset time, friction, and aspiration in word-initial consonant clusters.* *J Speech Hearing Research* 1975;18:686-706.
- 2) Westbury J. *Enlargement of the supraglottal cavity and its relation to stop consonant voicing.* *J Acoust Soc Am* 1983;73:1322-6.
- 3) Hong KH, Chon DS, Kim YJ, Jung KY. *Laryngeal adjustments for Korean stops -acoustic, electromyographic and fiberoptic analysis-.* *Korean J Otolaryngol Head Neck Surg* 1992;35:770-82.
- 4) Hong KH, Seiji N, Hajime H. *Laryngeal adjustments for the Korean stops, affricates and fricatives (EMG study).* *Ann Bull RILP* 1991;25:17-31.
- 5) Kagaya R. *A fiberoptic and acoustic study of the Korean stops, affricates and fricatives.* *J Phonetics* 1974;2:161-80.
- 6) Hirose H, Park HS, Yoshioka H, Sawashima M, Umeda H. *An electromyographic study of laryngeal adjustment for the Korean stops.* *Ann Bull RILP* 1981;15:31-43.
- 7) Hillman R, Gilbert H. *Voice onset times for voiceless stop consonants in the fluent reading of stutterers and nonstutterers.* *J Acoust Soc Am* 1977;61:610-1.
- 8) Bordon GJ, Baer T, Kenney MK. *Onset of voicing in stuttered and fluent utterances.* *J Speech Hearing Research* 1985;28:363-72.
- 9) Catts HW, Jensen PJ. *Speech timing of phonologically disordered children: Voicing contrast of initial and final stop consonants.* *J Speech Hearing Research* 1983;26:501-10.
- 10) Smit AB, Bernthal JE. *Voicing contrasts and their phonological implications in the speech of articulation-disordered children.* *J Speech Hearing Research* 1983;26:486-500.
- 11) Metz D, Conture EG, Caruso A. *Voice onset time, friction, and aspiration during stutterers' fluent speech.* *J Speech Hearing Research* 1979;22:649-56.
- 12) Tyler AA, Watterson TL. *VOT as an indirect measure of laryngeal function.* *Seminars in Speech and Language* 1991;12:131-41.
- 13) Dart SN. *An aerodynamic study of Korean stop consonants: Measurements and modeling.* *J Acoust Soc Am* 1987;81:138-47.
- 14) Lee CY, Smith TS. *Oral and Direct Subglottal Pressure in Korean Stops.* *J Acoust Soc Am Suppl* 1972;51:S102.