

한국어 양순 파열음 발음시 구강내압과 폐쇄기, VOT에 대한 연구

표화영

연세의대 이비인후과학교실

최홍식

음성언어의학연구소,

<ABSTRACT>

The Study on Intraoral Pressure, Closure Duration, and VOT During Phonation of Korean Bilabial Stop Consonants

Pyo, Hwa Young, M. A. ; Choi, Hong Shik, M. D.

Department of Otolaryngology, The Institute of Logopedics and Phoniatrics
Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Acoustic analysis study was performed on 20 normal subjects by speaking nonsense syllables composed of Korean bilabial stops(/p, p*, ph/) and their preceding and/or following vowel /a/(that is, [pa, p*a, pha, apa, ap*a, apha]) with an ultraminiature pressure sensor in their mouths. Speech materials were phonated twice, once with a moderate voice, another time with a loud voice. The acoustic signal and intraoral pressure were recorded simultaneously on computer. By these procedures, we were to measure the intraoral pressure, closure duration and VOT of Korean bilabial stops, and to compare the values one another according to the intensity of phonation and the position of the target consonants. Intraoral pressure was measured by the peak intraoral pressure value of its wave; closure duration by the time interval between the onset of intraoral pressure build-up and the burst meaning the release of closure; Voice onset time(VOT) by the time interval between the burst and the onset of glottal vibration.

Heavily aspirated bilabial stop consonant /ph/ showed the highest intraoral pressure value, unaspirated /p*/, the second, slightly aspirated /p/, the lowest. The syllable initial bilabial stops showed higher intraoral pressure than word initial stops, and the value of loudly phonated consonants were higher than moderate consonants. The

longest closure duration period was that of /p*/ and the shortest, /p/, and the duration was longer in word initial position and in the moderate voice. In VOT, the order of the longest to shortest was /ph/, /p/, /p*/, and the value was shorter when the consonant was in intervocalic position and when it was phonated with a loud voice.

서론

한국어의 자음 19개 중 파열음은 연구개(/ㄱ, ㅋ, ㆁ/), 치경(/ㄷ, ㅌ, ㄷ/), 양순(/ㅂ, ㅃ, ㅍ/)의 세 위치에서 각각 3개 음소씩 조음되어, 총 9개 음소로 구성된다. 한국어의 파열음은 같은 위치 내에서 무기음(unaspirated consonant), 약한 유기음(slightly aspirated consonant)과 강한 유기음(heavily aspirated consonant)의 세 가지로 대비되며, 세 음이 모두 무성음을 이룬다는 점에서, 유성음과 무성음의 두 가지로 대비되는 일반적인 다른 언어에 비해 특징적인 요소를 포함하고 있다.

파열음의 음향음성학적 연구는 주로 파열음의 시간적 특징을 이루는 요소들에 대해 많은 연구가 이루어지고 있는데, Voice Onset Time(이하, VOT)과 폐쇄기의 측정도 그중 하나이다. VOT는, oscillogram이나 spectrogram상에서, 폐쇄가 끝났다는 것을 나타내는 터짐(burst)과 성대 진동을 나타내는 주기적 파형의 시작 사이의 시간 간격으로 측정되며(Abramson and Lisker, 1964), 폐쇄기는 성도(vocal tract) 안에서의 막힘에서 터짐이 이루어지기까지의 시간으로 측정되는데, 이는 주로 빈 공간으로 나타나게 된다. 따라서 oscillogram이나 spectrogram만으로 폐쇄기를 측정할 때, 어두음(word initial sound)에 나타나는 파열음은 그 폐쇄에서 터짐까지의 단계를 완전히 파악하기가 어렵다(표, 1975). 그러나, 구강내압을 함께 측정하여 관찰하면, 어두음에서도 폐쇄에서 터짐까지의 단계를 명백히 파악할 수 있으며, 정확한 폐쇄기의 측정도 가능하게 된다.

따라서, 본 논문은 양순 파열음 발음시에 pressure sensor를 이용하여 음향신호와 구강내압의 파형을 동시에 컴퓨터에 입력하여 분석함으로써, 양순 파열음 /ㅂ, ㅃ, ㅍ/의 구강내압, 폐쇄기 및 VOT의 수치를 파악하고, 그 세 가지 측정치가 어두음 및 어중-음절초음(syllable initial sound)에서 어떻게 변화하는지, 음의 세기가 달라질 때 어떻게 변화하는지를 파악하고자 한다.

실험 방법

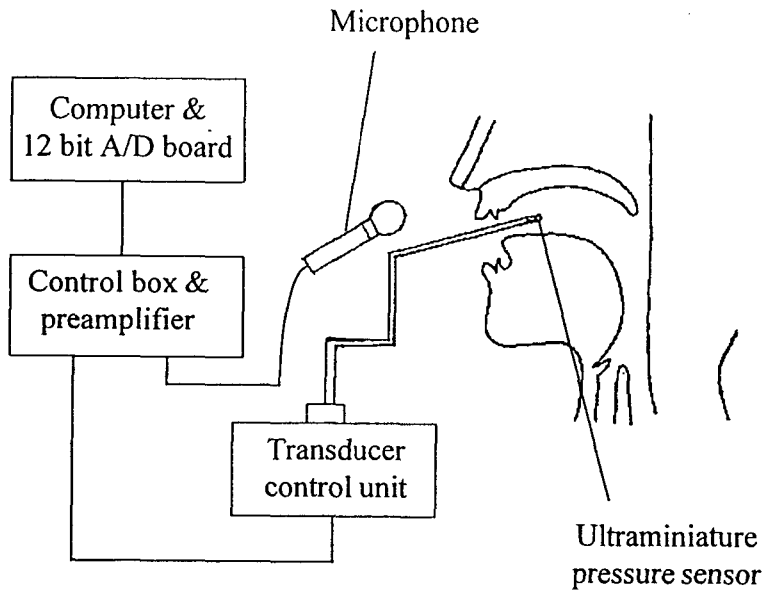
본 실험을 위한 대상자는 정상인 남자 10명과 여자 10명, 총 20명을 무작위로 추출함으로써 선정하였다. 연령별 분포는 20대가 16명, 30대가 4명이었고, 그 범위는 21~38세였다. 이들은 말-언어-청각적인 측면에서 비정상성을 보이지 않는 한국어 사용자들이었다.

어음 재료로 사용된 자음은 조음 시에 pressure sensor와 구강내 조음기관이 닿지 않는 양순 파열음으로 한정하였고, 결합 모음은 /아/를 사용하였으며, 음절은 C(자음)V(모음) 형태와 VCV 형태를 취하였다. 따라서 사용된 어음 재료는 '바, 빠, 파, 아바, 아빠, 아파'의 6개였다.

어음 재료는 각 대상자로 하여금 pressure sensor가 부착된 flexible wire를 구강내에 삽입

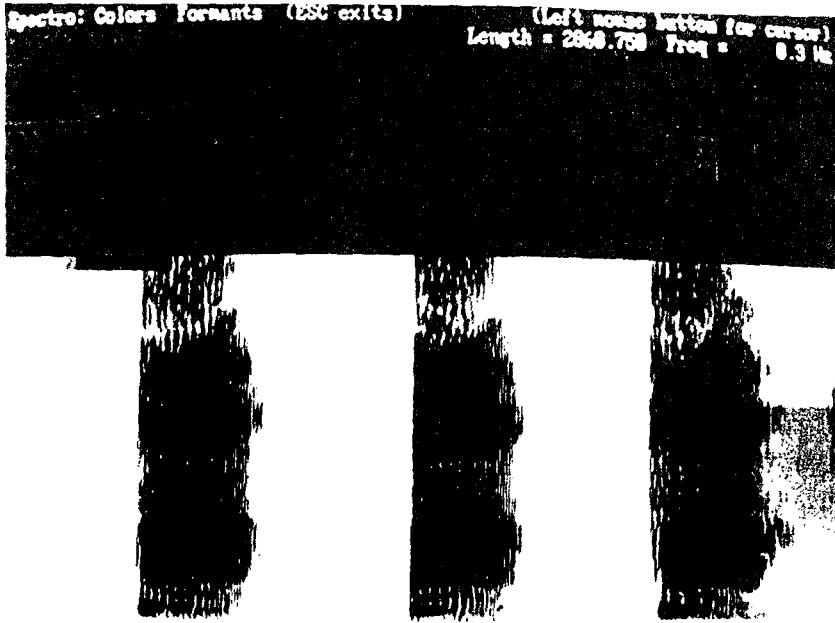
한 후, 마이크와 10 cm 떨어진 거리에서, 구강내 기관에 sensor가 닿지 않도록 주의하며, 보통 크기의 소리로 어음 재료를 말한 다음, 큰 소리로 다시 한 번 반복하도록 하여, 채취하였다.

실험에 사용된 기구들로서, Microphone은 Beyer Dynamic Microphone(M88TG)을 사용하였고, 구강내압의 감지에는 Ultraminiature pressure sensor와 Electrical connector로 구성된 Millar Mikro-Tip Catheter transducer(SPC-330)을 사용하였으며, 이는 Transducer control unit(TCB-500)로 조절되었다. Microphone에 의해 감지된 음향신호와 Transducer를 통해 감지된 구강내압은 Preampifier의 기능을 갖는 Control box(PM 3365A) 내의 채널을 통해 IBM 컴퓨터로 전달된 후, 컴퓨터 내의 12 bit A/D board(DT 2821)에 의해 digitized되었다(그림 1).



<그림 1> 실험 방법의 도해

A/D board를 통해 digitized되어 두 개의 채널로 각각 입력된 음향신호와 구강내압은 CSpeech(version 3.1)로 분석되었다. 구강내압은 파형 중에 나타나는 기본선(baseline)의 수치와 정점(peak)의 수치의 차를 구함으로써 산출하였으며, 폐쇄기는 구강내압 파형이 상승하기 시작하는 시간과 급격히 하강하는 시간 사이의 간격으로 산출하였고, VOT는 Spectrogram 상에서 터짐이 나타나는 시간과 voice bar가 주기적으로 나타나기 시작하는 시간 사이의 간격으로 산출하였다(그림 2). 분석 결과에 대한 통계 처리에는 paired t-test를 이용하였다.



<그림 2> 컴퓨터 분석을 위한 구강내압의 파형과 Spectrogram의 모습

결 과

실험 결과 나타난 각 자음의 구강내압, 폐쇄기와 VOT의 평균치는 다음 <표 1>과 같다.

<표 1> 양순 파열음의 구강내압, 폐쇄기와 VOT의 평균치

	보통 소리						큰 소리					
	바	아바	빠	아빠	파	아파	바	아바	빠	아빠	파	아파
구강내압(V)	0.007	0.010	0.008	0.013	0.009	0.016	0.011	0.013	0.013	0.018	0.014	0.020
폐쇄기(ms)	121.9	75.1	160.4	199.4	179.9	177.6	116.5	74.5	213.0	198.9	175.6	168.6
VOT(ms)	39.6	11.0	9.1	8.0	67.7	54.4	22.9	8.0	7.1	6.8	55.0	50.0

<표 1>에서 보는 바와 같이 구강내압은 약한 유기음인 '바'가 가장 낮았고, 강한 유기음인 '파'가 가장 높았으며, 이러한 양상은 목표 자음이 음절 초에 나타났을 때에도 같은 결과를 보였고, 보통 소리와 큰 소리에서도 그 양상이 바뀌지 않았다. 목표 자음이 음절 초에 나타날 때가 어두움에 나타날 때보다 큰 수치를 보였는데, 그 차이는 '바<빠<파'의 순서로 커졌으며, 차이의 범위는 0.002~0.007 V이었다. 소리의 크기에서 비교해 보면, 큰 소리로 냈을 때가 작은 소리로 냈을 때보다 높게 나타났으며, 차이는 '바'가 가장 작았고, '빠'와 '파'는 비슷한 차이를 보였으며, 차이의 범위는 0.003~0.005 V로서, 그 범위가 넓지 않음을 알 수 있었다.

<표 2>는 각 어음끼리 비교했을 때 그 차이의 유의성을 보여주고 있으며, <표 3>은 소리의 크기가 달라질 때, 목표 자음의 위치가 달라질 때, 세 측정치의 변화에 대한 유의성

을 보여주고 있다.

<표 2> 각 어음간 차이 비교시의 유의성

	보통 소리						큰 소리					
	바-빠	바-파	빠-파	아바-아빠	아바-아파	아빠-아파	바-빠	바-파	빠-파	아바-아빠	아바-아파	아빠-아파
구강내압(V)	NS	NS	NS	<.01	<.01	<.01	NS	<.05	NS	<.01	<.01	<.05
폐쇄기(ms)	<.01	<.01	<.05	<.01	<.01	<.01	<.01	<.01	<.01	<.01	<.01	<.01
VOT(ms)	<.01	<.01	<.01	<.01	<.01	<.01	<.01	<.01	<.01	NS	<.01	<.01

* NS = 통계적으로 유의한 차이가 없다는 의미임.

<.01 = 유의수준 $p < 0.01$ 이하로 유의한 차이가 있다는 의미임

<.05 = 유의수준 $p < 0.05$ 이하로 유의한 차이가 있다는 의미임

<표 3> 양순 파열음의 소리 크기와 목표 자음 위치에 따른 세 측정치 변화의 유의성

	소리 크기가 서로 다를 경우						목표 자음의 위치가 다를 경우					
							보통 소리의 경우			큰 소리의 경우		
	바	빠	파	아바	아빠	아파	바-아바	빠-아빠	파-아파	바-아바	빠-아빠	파-아파
구강내압(V)	<.01	<.01	<.01	<.01	<.01	<.01	<.05	<.01	<.01	<.05	<.01	<.01
폐쇄기(ms)	NS	<.01	NS	NS	NS	NS	<.01	<.01	NS	<.01	NS	NS
VOT(ms)	<.01	<.05	<.01	<.01	NS	NS	<.01	NS	<.01	<.01	NS	NS

여기서 보듯이, 보통 소리로 말했을 경우 각 어음간의 차이를 비교해 보았을 때, '바, 빠, 파' 사이의 구강내압의 차이, 즉, 보통 소리와 큰 소리 각각에서의 '바-빠', '바-파', '빠-파'를 비교했을 때 나타나는 차이는 $p < 0.05$ 의 유의 수준에서 비추어 볼 때 유의한 차이가 없는 것으로 나타난 반면, '아바, 아빠, 아파', 즉 보통 소리와 큰 소리 각각에서의 '아바-아빠', '아바-아파', '아빠-아파'를 비교했을 때에는 매우 유의하게 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한, 목표 자음이 어두에 나타났을 경우와 음절 초에 나타났을 경우를 비교했을 때에도 유의한 차이가 있었다. 큰 소리로 말했을 경우는, '바'와 '파'를 비교했을 때 그 차이가, 보통 소리로 말했을 때와는 달리, 통계적으로 유의한 것으로 나타난 것을 제외하면, 보통 소리로 말했을 때와 같은 상관관계를 보였다. 그리고, 같은 어음 재료를 다른 크기로 말했을 때는 모두 유의하게 차이가 있는 것으로 나타났다.

이 실험 결과에서 나타난 폐쇄기는 '바<파<빠'의 순서로 길어졌으며, 큰 소리로 말했을 때의 어두음과 음절초음, 보통 소리로 말했을 때의 음절초음이 이와 일치하는 경향을 보여주었다. 그러나, 보통 소리로 어두음을 발음했을 때는, 위의 양상과는 달리, '바<빠<파'의 순서로 길어지는 양상을 보여, '빠'보다 '파'가 더 긴 폐쇄기를 보였다. 일반적으로 폐쇄기는 어두음에서 더 길어지는 것으로 나타났으나, 예외적으로 보통 소리의 '빠'와 '아빠'의 비교에서는 '아빠'가 더 긴 폐쇄기를 보였고, 차이의 범위는 2.3 ms~46.8 ms였다. 소리의 크기에서의 차이를 볼 때 52.6 ms의 차이를 보인 '빠'를 제외하면, 모두 0.5~9 ms 이

내의 작은 차이를 보였다.

각 군에서 나타나는 폐쇄기의 차이에 대해 분석해 보면, 모든 경우에서 서로 유의한 차이가 있다는 것을 보였다. 그러나, 같은 음을 다른 크기로 발음했을 때는 ‘ㅉ’를 제외하고는 모두 통계적으로 유의한 차이가 없다는 것이 확인되어, 다른 음과의 비교에서는 유의한 차이가 있었으나, 동일음 내에서의 차이는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

VOT는 보통 소리로 냈을 때와 큰 소리로 냈을 때, 그리고 목표 자음이 어두에 나타났을 때와 음절 초에 나타났을 때의 네 가지 경우 공히, ‘ㅉ<바<파’의 순서로 길어졌다. 어두음의 VOT와 음절초음의 VOT를 비교해 보았을 때, 그 차이가 가장 큰 것은 ‘바’와 ‘아바’의 차이로, 보통 소리에서는 28.6 ms, 큰 소리에서는 14.9 ms의 차이를 보였으며, 가장 작은 차이는 ‘ㅉ’와 ‘아ㅉ’의 차이로, 보통 소리에서 1.1 ms, 큰 소리에서 0.3 ms의 차이를 보였다. 소리의 크기에 대한 같은 음 안에서의 차이는 2.0 ms~16.7 ms의 범위 내였으며, ‘바’에서의 차이가 가장 컸고, ‘ㅉ’에서의 차이가 가장 작았다.

VOT 차이의 유의성은 큰 소리에서의 ‘아바-아ㅉ’, 보통 소리에서의 ‘ㅉ-아ㅉ’, 큰 소리에서의 ‘ㅉ-아ㅉ’, 큰 소리에서의 ‘파-아파’의 네 가지 비교에서 유의한 차이가 없었던 것을 제외하면, 모두 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

고 찰

본 연구 결과에서 보는 바와 같이, 한국어 양순 파열음 중 /ㅍ/의 구강내압이 /ㅍ/의 구강내압보다 낮게 나타난 것은 Dart가 1987년에 한국어의 파열음을 재료로 하여 그 구강내압과 호기량(air flow)을 측정된 논문의 결과와도 일치하며, Kim(1965)의 결과와도 일치한다. Dart는 이 논문에서, 한국어 파열음 중 연음(/ㅍ, ㅌ, ㅍ/)은 경음(/ㅍ, ㅌ, ㅍ/)보다 낮은 구강내압을 보인다고 했으며, Kim(1965)은 경음을 /ㅍ, ㅌ, ㅍ/ 뿐만 아니라, /ㅍ, ㅌ, ㅍ/도 포함하여 설정한 실험 결과에서 경음 내에서 /ㅍ, ㅌ, ㅍ/과 /ㅍ, ㅌ, ㅍ/의 구강내압은 서로 별다른 차이를 보이지 않는다고 보고했다. Kim의 실험이 목표 자음이 어두에 나타나는 경우만 고려하였으므로, 본 연구 결과 중 목표 자음이 어두에 나타나는 경우만 고찰해 보면, 이때 /ㅉ/와 /파/ 사이의 구강내압 차가 0.001 V에 불과하므로, 이 결과도 Kim의 결과와 일치한다고 볼 수 있다.

이러한 결과가 나타나게 된 원인을 Kim(1965)은 근전도 연구를 통하여, 경음에서 더 활발한 근육 수축 활동이 나타난 결과를 기초로 하여, 경음 발음시 성도(vocal tract) 내의 긴장으로 구강내압이 상승하기 때문으로 보았으며, 이는 Dart(1987)도 주장한 바 있다. 즉, 성도 안의 근육 수축으로 말미암아 성도 안의 긴장이 증가되면 기류의 압축으로 인하여 공기의 압력이 상승하게 되므로, 그와 함께 구강내압도 상승하게 된다는 설명으로서, 이는 성대의 진동 폭으로 구강내압을 설명하려는 주장보다 더욱 설득력이 있다. Dart는 같은 논문에서, 연음을 대상으로 하여 성대의 진동 폭을 다양한 실험 결과, 성대의 진동 폭이 작을 때 구강내압이 감소한다고 주장하였다. 그러나, 이는 성대 진동 폭이 큰 /ㅍ/이 상대적으로 작은 진동 폭을 보이는 /ㅉ/보다 구강내압이 큰 것을 설명해 줄 수는 있으나, /ㅉ/보다 성대 진동 폭이 큰 /ㅍ/의 구강내압이 작은 것을 설명해 줄 수는 없었다. 따라서 성대 진동 폭에 의한 구강내압의 변화는 연음끼리, 혹은 경음끼리 비교할 때에만 적용된다고

볼 수 있다. 성도 안의 근육 긴장의 증가와 구강내압의 상승이 함께 나타난다는 것은 본 연구에서 보통 소리로 냈을 때보다 성도 내의 근육 긴장이 더 커지는, 큰 소리로 냈을 때 구강내압이 더 커졌다는 사실도 잘 설명해 줄 수 있다.

모음 사이에 위치한 자음의 구강내압은 말의 첫머리에 오는 자음의 구강내압보다 상승하였으며, 이는 특히 경음으로 분류되는 /ㅃ, ㅍ/에서 두드러졌다. 즉, 안정 상태에서 파열하는 어두음보다, / ㅏ / 모음을 내기 위해 일단 구강 개방이 된 후 폐쇄되었다가 다시 개방되는 음절초음에서 구강내압이 더 컸다는 것이다. 이는 폐쇄→개방의 두 단계를 거치는 어두음보다 개방→폐쇄→개방의 세 단계를 거치는 음절초음이 보다 더 잦은 근육운동과 그로 인한 근육 긴장의 증가로 인하여 구강내압을 상승하도록 했다는 것으로 설명될 수 있다. /ㅍ/의 어두음과 음절초음의 구강내압의 차이가 다른 자음보다 작은 것은 Kim(1965)의 근전도 연구에서 볼 수 있듯이, 본질적으로 /ㅍ/이나 /ㅃ/에 비해 근육 활동이 적은 /ㅍ/은 어두음에서보다 음절 초음에서 구강내압이 상승해도 /ㅍ/이나 /ㅃ/만큼 큰 폭의 차이를 보일 수는 없는 것으로 파악할 수 있다.

폐쇄기가 /ㅃ />/ㅍ />/ㅍ /의 순서로 짧아지는 양상은 표(1973)와 일치하며, 경음이 연음보다 길다는 것은 Kim(1965), Dart(1987)과 Zhi(1990)와 일치하는 결과이다. 연음인 /ㅍ /의 폐쇄기가 경음인 /ㅍ /이나 /ㅃ /의 폐쇄기보다 짧은 것을 Kim(1965)은, Jakobson & Halle(1963)의 문헌을 인용하여, 연음이 보다 더 낮은 구강내압을 필요로 하므로, 적절한 구강내압을 얻는 데 필요한 시간이 더 짧은 것이라고 설명하였다. 그러나, 이는 경음 내에서 구강내압이 더 높은 /ㅍ /의 폐쇄기가 구강내압이 더 작은 /ㅃ /보다 더 짧다는 것을 설명해 줄 수 없으며, 아울러, 구강내압이 더 높은 큰 소리의 발음에서 전체적으로 폐쇄기가 보통 소리 때보다 감소하는 것을 설명해 줄 수가 없다. Dart(1987)는 Kagaya(1974)의 결과를 인용하여, 이를 설명하고자 하였다. Kagaya(1974)는 한국어 파열음 발음시, 터짐이 일어날 때, 성대의 양상이 서로 다르다는 것을 보여주었다. 즉, /ㅍ /과 같은 강한 유기음은 성대가 가장 크게 열려져 있을 때 터짐이 일어나고, /ㅃ /과 같은 무기음은 거의 닫혀 있을 때, 그리고, /ㅍ /과 같은 약한 유기음은 어느 정도 열려져 있기는 하나 닫히고 있는 중에 터짐이 일어난다고 하였다. 따라서, /ㅃ /은 숨을 쉴 때 넓게 열려 있던 성대가 닫히기 시작하여, 닫힘이 완료될 무렵에 터짐이 일어나서 폐쇄기를 끝나게 하므로, /ㅃ /의 폐쇄기가 가장 길다고 설명될 수 있는 것이다. 그러나, 이 설명에 의하면 /ㅍ /의 폐쇄기가 가장 짧아야 하는데, 연구 결과에서는 /ㅍ /의 폐쇄기가 가장 짧은 것으로 나타났으므로, 이 또한 불완전한 설명으로 남게 된다.

어음의 청인지적인 측면에서 보면, /ㅍ /의 폐쇄기가 가장 짧고, /ㅃ /의 폐쇄기가 가장 긴 것이 명확해 진다. 저자들은 Borden and Harris(1984)의, 폐쇄기를 다양하게 변화시키면서 실시하는 청인지 검사 방법을, 음성 분석 소프트웨어인 Dr. Speech Science를 이용하여 시행하여 보았다. 이때, '아빠'의 폐쇄기를 감소시켰을 때, 이 소리는 차차 '아바'로 들리게 되는 반면, '아바'에서 폐쇄기를 확장시키면, 이는 차차 '아빠'로 들리게 되었다. 이는 /ㅍ /의 폐쇄기가 가장 짧고, /ㅃ /이 가장 길다는 사실을 반증하는 것으로 볼 수 있다.

VOT가 /ㅍ />/ㅍ />/ㅃ /의 순서로 짧아지는 경향은 Kim(1965)과 Lee(1992)의 실험 결과와 일치한다. 한국어 양순 파열음의 VOT의 경향이 위에서 보는 바와 같은 결과를 보인 문헌

은 위의 두 논문 외에도 Lisker & Abramson(1964), 표(1973)도 있으나, 이 두 논문은 한 사람만의 실험 결과를 나타낸 것이라는 것을 고려하여야 한다. Ladefoged(1982)은 성대가 열리는 폭이 가장 큰 것은 강한 유기음이고, 그 다음이 약한 유기음이며 가장 적은 것이 무기음이라고 하였다. 한국어의 양순 파열음을 이에 비추어 보면 성대 진동 폭은 /ㅍ/ > /ㅂ/ > /ㅃ/의 순서로 작아지며, 이는 일반적인 VOT의 변화 성향과 같은 순서이다. Ladefoged(1982)은 성대가 많이 벌어지면 벌어질 수록 닫히는 시간이 길어지기 때문에 그만큼 VOT도 증가한다고 설명하였는데, 이는 본 연구 결과와 일치하며, 따라서 성대의 진동 폭이 그 현상에 대한 설명을 가능하게 한다고 볼 수 있다. 이는 또한 Dart(1987)가 인용한 Kagaya(1974)의 결과와도 일치하며, 이러한 설명은 1960년대 이래로 꾸준히 유지되어 온 VOT에 대한 정설(定說)과도 같은 내용으로서, 더 이상의 설명이 필요 없을 것이다.

결 론

정상인 한국어 사용자 20명을 대상으로 하여, 한국어 양순 파열음인 /ㅂ, ㅃ, ㅍ/의 발음시, 각각의 음소에서의 구강내압의 크기와 폐쇄기 및 VOT의 길이를 측정하고, 목표 자음이 어두에 나올 때 및 음절 초에 나올 때, 그리고 어음을 보통 소리로 말했을 때와 큰 소리로 말했을 때, 그 세 측정치가 어떻게 변화하는지를 파악하기 위한 실험을 실시하였다. 어음 재료는 CV('C' = 양순 파열음; 'V' = 모음 /ㅏ/)와 VCV 형태의 두 가지였으며, 한 번은 보통 소리로, 두 번째는 큰 소리로 발성하도록 하여 채취되었다. 채취된 어음의 구강내압은 발음시 Pressure sensor를 사용함으로써 산출된 파형을 이용하여 측정하였고, 폐쇄기와 VOT는 컴퓨터에 입력된 음성신호를 Spectrogram으로 분석하여 측정하였다.

그 실험 결과는 다음과 같다 :

1. 양순 파열음 중 구강내압은 /ㅍ/ > /ㅃ/ > /ㅂ/의 순이었으며, 폐쇄기의 길이는 /ㅃ/ > /ㅍ/ > /ㅂ/의 순이었으며, VOT의 길이는 /ㅍ/ > /ㅂ/ > /ㅃ/의 순이었다.
2. 양순 파열음이 어두에 올 때보다 음절 초에 올 때 더 큰 구강내압을 보였으며, 폐쇄기의 길이는 더 짧아지는 경향을 보였고, VOT의 길이도 폐쇄기와 마찬가지로 짧아지는 경향을 보였다.
3. 양순 파열음을 큰 소리로 발음했을 때, 목표 자음의 위치에 상관없이, 구강내압의 크기는 의미있게 커졌으며, 폐쇄기와 VOT의 길이는 짧아지는 경향을 보였다.

참 고 문 헌

- 표진이 (1973). 한국어 폐색자음의 음향음성학적 양상. 한글, 제 155호, 97~127.
- 홍기환 (1995). Aerodynamics of Speech Using Aerophone II -Aerophone II를 이용한 조음적 공기역학 검사-. 대한음성언어학회지, 제 6권 1호, 165~180.
- Baker, R. J. and Orlikoff, R. F. (1987). Phonatory Response to Step-Function Changes in Supraglottal Pressure. In Baer, T., Sasaki, C. and Harris, K. S. (1987).

- Laryngeal Function in Phonation and Respiration*. Boston: Little, Brown and Company, pp. 381~389.
- Borden, G. J. and Harris, K. S. (1984). Stops. *Speech Science Primer -Physiology, Acoustics, and Perception of Speech*. London: Williams & Wilkins, pp. 182~190.
- Brown, W. S., Morris, R. J. and Weiss, R. (1993). Comparative Methods for Measurement of VOT. *Journal of Phonetics*, 21, 329~336.
- Dart, S. N. (1987). An Aerodynamic Study of Korean Stop Consonants: Measurements and Modeling. *Journal of Acoustical Society of America*, 81(1), 138~147.
- Kim, C. W. (1965). On the Autonomy of the Tensity Feature in Stop Classification (with Special Reference to Korean Stops). *Word*, 21, 339~359.
- Kim, D. W. (1989). The Relationship Between Glottal Area and Voice Onset Time. *말소리*, 제 15~18 합병호, 19~35.
- Kitajima, K. and Tanaka, K. (1993). Intraoral Pressure in the Evaluation of Laryngeal Function. *Acta Oto-laryngologica*, 113(4), 553~559.
- Ladefoged, P. (1982). Voice Onset Time. *A Course in Phonetics* (2nd ed.). New York: Harcourt Brace Jovanovich, pp. 130~134.
- Lee, S. (1992). An Acoustic Analysis on the Plosives of Korean and Japanese. *말소리*, 21~24호, 111~122.
- Lisker, L. and Abramson, A. S. (1964). A Cross-Language Study of Voicing in Initial Stops: Acoustical Measurements. *Word*, 20, 384~422.
- Löfqvist, A. and McGarr, N. S. (1987). Laryngeal Dynamics in Voiceless Consonant Production. In Baer, T., Sasaki, C. and Harris, K. S. (1987). *Laryngeal Function in Phonation and Respiration*. Boston: Little, Brown and Company, pp. 391~402.
- Moon, J. B., Folkins, J. W., Smith, A. E. and Luschei, S. (1993). Air Pressure Regulation During Speech Production. *Journal of Acoustical Society of America*, 94(1), 54~63.
- Zhi, M. J., Lee, Y. J. and Lee, H. B. (1990). Temporal Structure of Korean Plosives in /VCV/. SICONLP '90. Language Research Institute, Seoul National University.