

## 성문하압 측정방법의 타당도 분석

## The Validity Analysis between Measurement Method of Subglottic Air Pressure

박 상 회\* · 정 옥 란\*\* · 석 동 일\*\*

Sang-Hee Park · Ok-Ran Jeong · Dong-II Seok

## ABSTRACT

The purpose of the study was to examine a method most pertinent to measure subglottic air pressure. Subglottic air pressure and loudness analyses were performed on vowels /a/, /i/ and consonant /p/ in 12 normal subjects using Aerophone II voice function. The experimental contexts were, therefore, /i:pi:pi:/ and /a:pa:pa:/. The subjects produced the intervocalic /p/ in 4 different situations: 1) /i:pi:pi:/ with voiceless /p/, 2) /i:pi:pi:/ with voiced /p/, 3) /a:pa:pa:/ with voiceless /p/, and 4) /a:pa:pa:/ with voiced /p/. A t-test and a correlation analysis revealed the following results. First, when we measured subglottic air pressure by /i:pi:pi:/, voiceless /p/ was significantly different from voiced /p/. Second, when we measured subglottic air pressure by /a:pa:pa:/, voiceless /p/ was significantly different from voiced /p/. Therefore, it was concluded that voiceless /p/ produced more accurate subglottic air pressure and clinicians needed to have patients produce accurate /p/ when measuring subglottic air pressure using Aerophone II.

**Keywords:** Subglottic Air Pressure

## 1. 서 론

## 1.1 연구의 의의

성대의 기질적 또는 기능적인 이상을 평가하는 방법으로 일반적으로 청각적 평가, 음향음성학적 평가, 공기역학적 평가, 근과 신경의 기능 평가가 있다. 공기역학적인 측면에서는 성문하압, 평균기류율, 폐활량, 최대 연장 발성 시간 등을 평가하게 되는데, 이 중 성문하압의 경우에는 Aerophone II를 이용해서 측정하는 경우 다양한 변수가 있을 수 있다. 측정방법적인 측면에서 살펴보면, /i:pi:pi:/를 산출하여 이때 /p/를 발성할 때의 압력을 성문하압으로 본다.

그러나 영어권에서는 /p/가 무성음이므로 성대의 떨림 없이 /pi:/를 산출할 수 있지만 한국어에서 무기음과 유기음이 모음 사이에 있을 때는 유성음화되므로 영어권에서 제시하는 방

\* 대구대학교 재활과학과 언어치료전공 박사과정

\*\* 대구대학교 언어치료학과 교수

법으로 측정을 하면 안 된다. 따라서 성문하압을 측정하고자 한다면 검사자가 /pi:/를 무성으로 정확하게 모델링하고 환자가 무성으로 연습할 기회를 주어야 한다.

뿐만 아니라 한국어의 자음과 모음은 서로 같이 발음이 되는 경우 동시 조음의 효과가 생겨 모음을 단독으로 말할 때와 다른 특징이 나타나게 되고, 자음도 후행모음이나 선행모음의 영향으로 자음의 음향학적인 특징이나 공기역학적인 특징이 변하게 된다.

따라서 본 연구에서는 일반적으로 성문하압을 측정할 때 Aerophone II의 결과와 유사한 데이터를 얻기 위해서 한국어로 평가할 때 어떠한 방법이 가장 타당한가를 분석해 보고자 한다.

## 1.2 연구 문제

- 1) /i:pi:pi:/로 성문하압을 측정할 때 /p/가 유성일 때와 무성일 때 차이가 있는가?
- 2) /a:pa:pa:/로 성문하압을 측정할 때 /p/가 유성일 때와 무성일 때 차이가 있는가?
- 3) /i:pi:pi:/로 성문하압을 측정할 때와 /a:pa:pa:/로 성문하압을 측정할 때 차이가 있는가?
- 4) 성문하압과 강도와의 상관관계는 어떠한가?

## 2. 연구 방법

### 2.1 연구 대상

본 연구는 성대의 기질적, 기능적 이상이 없고 청각적, 조음적 측면에서 이상 소견이 없는 언어치료를 전공하고 있는 대학생과 대학원생, 남성 3 명과 여성 9 명으로 총 12 명을 대상으로 하였다. 정상 대상자의 경우, 감기에 걸렸거나 이전에 성대의 병력이 있었던 환자는 대상에서 제외되었다.

### 2.2 실험 방법 및 결과 분석

공기역학적인 검사는 KAY Elemetrics Corp.에서 개발한 Aerophone II voice function analyzer를 사용하였다.

먼저 피험자의 앞은키에 맞게 기기를 위치시켰다. 피험자가 안경을 사용하고 있는 경우에는 안경을 벗도록 지시하였다. 마스크가 피험자의 얼굴에 밀착될 수 있도록 검사자가 한 손은 피험자의 머리 뒷부분을 잡고 한 손은 검사기기의 손잡이를 잡고 얼굴로 밀어 주었다. 매번 검사를 실시하기 전 눈금매기기(calibration)를 실시하였고, 이때 F300 flowhead를 사용하였다.

성문하압을 검사하기 위해서는 Aerophone II voice function analyzer 중 성문하압을 측정할 수 있는 IPIPI (VOICE EFF.) 방법을 사용하였다. 실시 방법은 직경 2 mm 실리콘 튜브를 피험자의 혀 위에 위치시키고 공기차단(airtight) 마스크를 입에 밀착시킨 후, /i:pi:pi:/와 /a:pa:pa:/를 연속해서 3 회 산출하도록 하였고 이때 치아로 튜브를 물지 않도록 주의시켰다.

검사를 실시하기 전 마스크를 착용하지 않은 상태에서 피험자가 /p/를 무성음과 유성음으로 산출할 수 있을 때까지 연습기회를 제공하였다. 특히 실험과정에서 대부분의 사람들이 유

성으로 산출할 때 /pi:pi:/와 /pa:pa:/ 부분에서 음도가 상승되는 경향이 있었으나 경상북도 북부 지방 출신인 한 명의 피험자는 자발적인 평가에서 음도가 하강하였다. 따라서 한 명의 피험자는 다른 피험자와 같이 음도를 상승시키도록 훈련한 후 측정하였다. 이와 같이 피험자의 유성과 무성으로 /p/ 산출이 정확하다고 판단될 때 마스크를 착용시켜 성문하압을 측정하였다.

결과분석은 연속해서 3 회 산출된 수치의 평균을 성문하압으로 산정하였다.

### 2.3 자료처리

/i:pi:pi:/가 유성일 때와 무성일 때, /a:pa:pa:/가 유성일 때와 무성일 때, /i:pi:pi:/와 /a:pa:pa:/의 차이를 검증하기 위해서 t-test를 실시하였다. 그리고 성문하압과 강도와의 상관관계를 분석하기 위해서 상관분석을 실시하였다.

## 3. 결과 분석

### 3.1 /i:pi:pi:/로 측정할 때 /p/가 유성일 때와 무성일 때 차이

/i:pi:pi:/를 유성으로 산출하였을 때는 평균  $3.83 \pm 1.08$  cmH<sub>2</sub>O였고, 무성으로 산출하였을 때는 평균  $6.19 \pm 1.73$ cmH<sub>2</sub>O였다. 측정 방법 간에 통계적으로도 유의한 차이가 나타났다.

표 1. /i:pi:pi:/로 측정할 때 유성과 무성에 대한 t-test 결과 (단위: cmH<sub>2</sub>O)

대상	N	M	SD	자유도	t
유성	12	3.83	1.08	11	6.65***
무성	12	6.19	1.73		

(\*\*\* p<.001)

### 3.2 /a:pa:pa:/로 측정할 때 /p/가 유성일 때와 무성일 때 차이

/a:pa:pa:/를 유성으로 산출하였을 때는 평균  $3.11 \pm 0.95$ cmH<sub>2</sub>O였고, 무성으로 산출하였을 때는 평균  $4.13 \pm 0.98$ 였다. 측정 방법간에 통계적으로도 유의한 차이가 나타났다.

표 2. /a:pa:pa:/로 측정할 때 유성과 무성에 대한 t-test 결과 (단위: cmH<sub>2</sub>O)

대상	N	M	SD	자유도	t
유성	12	3.44	0.95	11	2.37*
무성	12	4.13	0.98		

(\* p<.05)

3.3 /i:pi:pi:/로 측정할 때와 /a:pa:pa:/로 측정할 때 차이

모음 변화에 따른 유무성 측정방법간에 t-test해 본 결과, 무성으로 산출하였을 때 모음 변화에 따라서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

표 3. /i:pi:pi:/로 측정할 때와 /a:pa:pa:/로 측정간 t-test 결과 (단위: cmH<sub>2</sub>O)

대 상		N	M	SD	자유도	t
유성	/i:pi:pi:/	12	3.83	1.08	11	-2.10
	/a:pa:pa/	12	3.44	0.95		
무성	/i:pi:pi:/	12	6.19	1.73	11	-4.63**
	/a:pa:pa/	12	4.13	0.98		

(\*\* p<.01)

3.4 성문하압과 강도와의 상관관계

/i:pi:pi:/의 유성 강도는 /i:pi:pi:/ 60.88±9.00 dB였고, /i:pi:pi:/의 무성 강도는 56.40±6.34 dB였다. /a:pa:pa:/의 유성 강도는 62.77±9.52였고, /a:pa:pa:/의 무성강도는 54.02±3.29였다. 각 성문하압과의 상관분석 결과는 상관관계가 없는 것으로 나타났다(표 4).

자음의 유무성에 대한 강도와 성문하압과의 분석 결과 /p/가 유성일 때는 강도가 55.21±5.09 dB였고, /p/가 무성일 때는 강도가 61.83±9.11 dB이었다. 상관분석 결과는 유성과 무성 모두 상관관계가 없는 것으로 나타났다(표 5).

표 4. 모음 변화 내에서의 자음의 유무성 성문하압과 강도간의 상관분석 결과

	N	M	SD	상관계수
유성 /i:pi:pi:/ (cmH <sub>2</sub> O)	12	3.83	1.08	-0.39
유성 강도 /i:pi:pi:/(dB)	12	60.88	9.00	
무성 /i:pi:pi:/(cmH <sub>2</sub> O)	12	6.19	1.73	0.30
무성 강도 /i:pi:pi:/(dB)	12	56.40	6.34	
유성 /a:pa:pa:/(cmH <sub>2</sub> O)	12	3.44	0.95	-0.38
유성 강도/a:pa:pa:/(dB)	12	62.77	9.52	
무성 /a:pa:pa:/(cmH <sub>2</sub> O)	12	4.13	0.98	-0.19
무성 강도/a:pa:pa:/(dB)	12	54.02	3.29	

표 5. 자음의 유무성에 따른 성문하압과 강도간의 상관분석 결과

	N	M	SD	상관계수
유성 성문하압(cmH <sub>2</sub> O)	24	5.16	1.74	-0.40
유성 강도(dB)	24	55.21	5.09	
무성 성문하압(cmH <sub>2</sub> O)	24	6.05	1.01	-0.29
무성 강도(dB)	24	61.83	9.11	

모음 변화에 따른 성문하압과 강도에 관해서 분석한 결과 /i:pi:pi:/로 측정하였을 때의 강도는  $58.64 \pm 1.86$  dB였고, 성문하압은  $5.01 \pm 1.86$  cmH<sub>2</sub>O였다. /a:pa:pa:/로 측정하였을 때의 강도는  $58.40 \pm 8.28$  dB이었고, 성문하압은  $3.78 \pm 1.01$  cmH<sub>2</sub>O였다. 그 결과 /a:pa:pa:/로 측정하였을 때는 강도와 양의 상관관계가 있었다.

표 6. 모음 변화에 따른 성문하압과 강도간의 상관관계

	N	M	SD	상관계수
/i:/ 성문하압(cmH <sub>2</sub> O)	24	5.01	1.86	-0.20
/i:/ 강도(dB)	24	58.64	7.94	
/a:/ 성문하압(cmH <sub>2</sub> O)	24	3.78	1.01	0.42*
/a:/ 강도(dB)	24	58.40	8.28	

(\* p<.05)

모음 변화에 따른 강도에 대한 t-test 결과, 자음 /p/가 유성일 때와 무성일 때 모두 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

표 7. /i:pi:pi:/와 /a:pa:pa:/ 측정간 강도에 대한 t-test 결과

(단위: dB)

대 상		N	M	SD	자유도	t
유성	/i:pi:pi:/	12	62.77	9.52	11	0.96
	/a:pa:pa:/	12	60.88	9.00		
무성	/i:pi:pi:/	12	56.40	6.34	11	-1.55
	/a:pa:pa:/	12	54.01	3.29		

#### 4. 고 찰

지금까지 성문하압에 관한 연구를 보면 Aerophone II와 Phonatory function analyzer PS-77, Nagashima, Tokyo, Japan를 이용하여 측정하였다. 이 중 Aerophone II의 경우에는 정상 기준을 측정한 연구에서 그 차이가 KAY사에서 제시하고 있는 5 cmH<sub>2</sub>O보다 약 1~1.5 cmH<sub>2</sub>O가 낮은 남성은 평균 4.1 cmH<sub>2</sub>O, 여성은 평균 3.5 cmH<sub>2</sub>O로 제시하고 있다(서장수 등, 1997). 서장수 등의 1999년 연구에서도 남성과 여성의 성문하압이 1997년도 연구와 비슷한 결과를 얻었다. 박국진 등(1998)은 정상인 11 명의 성문하압이  $10.28 \pm 1.261$  cmH<sub>2</sub>O였다는 결과를 얻었다. 박상희 등(2000)의 연구에서 보면 남성은 평균 6.95 cmH<sub>2</sub>O였고, 여성은 평균 5.65 cmH<sub>2</sub>O였다. 최홍식 등(2000)도 정상 여성 15 명을 대상으로 하여 연구한 결과 평균 1.71 cmH<sub>2</sub>O이라는 결과를 얻었다. 이처럼 같은 도구를 이용하더라도 평균 성문하압이 많은 차이를 보이고 있다. 그 차이가 최저 1.71 cmH<sub>2</sub>O에서 최고 10.28 cmH<sub>2</sub>O까지 약 8 cmH<sub>2</sub>O 정도까지 나고 있다. 실제 1.71 cmH<sub>2</sub>O일 경우에는 유성일 때보다도 더 낮은 평균 하압이라고 볼 수 있고, 10 cmH<sub>2</sub>O일 경우는 본 연구의 대상자 중 한 명의 피험자만이 9.13 cmH<sub>2</sub>O

로 이와 유사하였다. 이는 연구자들이 사용설명서에서 제시하고 있는 측정방법으로 측정하기는 하였지만, 각 연구자마다 방법적인 측면에서 달랐다고 볼 수 있다. 특히 박국진 등(1998)은 성문하압 측정시 압력을 쥘 수 있는 센서와 연결하여 고정시킨 후 검사하였다. 이것은 같은 기기 내에서도 측정 방법이 달라질 수 있음을 시사해 주는 것이다. 물론 거기에 따른 연구 결과도 달라지게 된다. 우리말의 특성에 따라 자음 /p/가 모음 사이에 있을 때에는 유성음으로 산출되기 때문에 일반적인 대화식의 방법으로 측정하게 되면, 정확한 성문하압을 측정할 수 없다. 또한 모음 /i:/, /a:/에 따라서도 성문하압이 통계적으로 유의한 차이가 났으므로 모음의 선정에서도 고려가 있어야 한다고 본다. 성문하압을 측정할 때는 방법적인 측면에서 정확한 지시가 필요하다. 서장수 등의 1997년과 1999년도 연구에서 대상자에 대해서 비슷한 성문하압이 나타났다는 것은 연구자가 측정하는 방법이 동일했다고 볼 수 있다. 그러나 각 연구자마다 측정 방법이 다르다면 그 규준이 되지 못한다고 본다. 또한 모음 /a:/의 경우에는 마스크를 착용한 상태에서 측정하므로 마스크를 착용하지 않은 상태에서 /a:/를 하는 것보다는 개구도의 크기가 더 작았다. 따라서 마스크를 착용하지 않았을 때와는 다소 다를 수 있다. 그리고 Aerophone II를 사용하는데 있어서 편차를 줄이는 방법으로 눈금 매기기를 실시하는 것이 중요하다. 눈금 매기기를 실시한 바로 직후에 측정된 자료에서도 때로는 기류에 대한 정보가 나타나지 않는 경우가 있었다.

뿐만 아니라 성문하압과 강도는 양의 상관관계가 있는 것으로 보고된 바 있다(Anita 등 1998). 그러나 본 연구에서는 성문하압이 자음 /p/가 무성일 때 /i:pi:pi:/와 무성일 때 /a:pa:pa:/간에는 통계적으로 유의한 차이가 나타났지만 강도는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이는 성문하압이 강도와 양의 상관관계가 있다는 결과에 정확히 부합되지는 않는 결과라고 할 수 있다. 따라서 한국인에 관한 성문하압과 강도와의 관계에 대한 다른 분석이 이루어져야 한다고 본다. 예컨대, 미국인의 공명강과 한국인의 공명강의 체적이 다르기 때문에 같은 양의 성문하압의 증가가 한국인에게는 미국인에서처럼 실질적인 음성강도의 증가를 의미하지 않을 수 있다. 실제로, 정성민(1998)의 연구에서 성악인의 호기압은 정상과 유사하였지만 강도가 증가됨으로 보고하였다. 이는 낮은 성문하압으로도 각기 다른 강도를 지닌 음성의 산출이 가능하다는 것이며 성악인들은 공명을 조절하여 음성의 강도를 높이는 기법을 사용한다. 공명의 조절에는 후두를 하강시켜 공명강의 체적을 증가시키는 방법이 포함된다.

모음 변화와 강도와의 상관관계에서 /a:/ 모음일 때는 성문하압과 강도 사이에 상관관계가 있었으나 /i:/ 모음일 때는 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 이것은 /i:/ 모음이 개구도가 작고 긴장모음이기 때문이라고 해석할 수 있다.

이상에서 살펴 본 바와 같이 성문하압을 측정할 때는 정확한 검사방법을 사용하였느냐에 따라 각기 다른 결과가 나올 수 있다.

## 5. 결론 및 제언

본 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, /i:pi:pi:/로 측정할 때 /p/가 유성일 때와 무성일 때 통계적으로 유의하게 차이가 나

타났다.

둘째, /a:pa:pa:/로 측정할 때 /p/가 유성일 때와 무성일 때 통계적으로 유의하게 차이가 나타났습니다.

셋째, /i:pi:pi:/로 측정할 때와 /a:pa:pa:/로 측정할 때는 유성일 때는 통계적으로 유의한 차이가 나타났으나, 무성일 때는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

넷째, 성문하압과 강도는 모음/a:/를 이용할 때를 제외하고는 상관관계가 없는 것으로 나타났습니다.

따라서 검사결과의 타당도를 높이기 위하여 정확하게 무성 /p/를 산출하는 훈련을 피험자에게 충분히 숙지시켜서 성문하압을 측정해야 한다고 본다.

### 참 고 문 헌

- 고도홍, 정옥란, 신호근, 최홍식, 김현기, 왕수건, 이정학, 양병곤, 김진숙, 김연희, 배소영, 박병규, 신지영, 표화영, 안종복, 박상희, 배재연, 정용호. 2001. *음성 및 언어 분석기기 활용법*. 한국문화사.
- 김영호. 1994. “공기역학적검사(Aero-dynamic study).” 제 2회 대한음성언어의학회 학술대회 심포지엄. *음성검사법. 대한음성언어의학회지*, 5-10.
- 김현기, 고도홍, 신호근, 홍기환, 서정환. 1997. “마비성조음장애, 편도비대, 비폐쇄 및 구개열 환자의 실험임상 음성학적 연구.” *음성과학*, 2, 67-88.
- 김현기, 김완호, 서정환, 홍기환, 신호근, 고도홍. 1998. “마비성 조음장애의 임상적 양상에 대한 고찰.” *음성과학*, 3, 38-49.
- 박국진, 최홍식, 정형진, 유신영, 박준호, 김한수. 1998. “정상인과 식도발성 음성에서의 공기역학적 비교 연구.” *대한음성언어의학회지*, 9, 1, 5-10.
- 박상희, 이옥분, 정옥란. 2000. “경직형 운동구어장애자 음성의 공기역학적인 특징.” *언어치료 연구*, 9, 1, 65-75.
- 서장수, 송시연, 권오철, 김준우, 이희경, 정옥란. 1997. “음성검사 중 공기역학적 검사에서 한국인의 정상 평균치.” *대한음성언어의학회지*, 8, 1, 27-32.
- 서장수, 송시연, 정유선, 김정수, 지덕환, 이무경. 1999. “정상인과 성대용종 환자에서의 공기역학적 검사.” *대한음성언어의학회지*, 10, 1, 5-16.
- 안태섭, 양상일, 신호근. 1997. “구개열 환자의 비인강폐쇄기능에 대한 공기역학적 연구.” *음성과학*, 1, 237-260.
- 정성민, 구태완, 김지연, 조윤희. 1998. “이상동암에 대한 상운상 편측 후인두 절제술전후의 공기역학적 검사.” *대한음성언어의학회지*, 9, 2, 156-159.
- 정성민. 1998. “서양음악을 전공으로하는 성악인에서의 공기역학적 검사.” *대한음성언어의학회지*, 9, 2, 109-114.
- 최홍식, 이주환, 김인섭, 교윤우, 오종석, 배정호, 윤현철, 최성희. 2000. “연축성 발성장애 환자의 음향학적 및 공기역학적 양상.” *대한음성언어의학회지*, 11, 1, 98-103.
- 표화영, 심현섭, 박헌이, 최재영, 최성희, 안성복, 최홍식. 1999. “한국어 파열자음의 인두내압, 폐쇄기 및 Voice Onset Time(VOT)에 관한 실험적 연구.” *대한음성언어의학회지*, 10, 1, 50-57.
- 표화영, 이주환, 최성희, 심현섭, 최홍식. 1999. “한국어 마찰음과 파찰음의 음향학적 및 공기역학적 특성에 관한 연구.” *음성과학*, 6, 145-162.
- 표화영, 최홍식. 1996. “한국어 양순 파열음 발음시 구강내압과 폐쇄기, VOT에 대한 연구.” *대*

한음성언어의학회지, 7, 1, 50-55.

- 홍기환. 1995. "Aerodynamics of speech using aerophone II: Aerophone II를 이용한 조음적 공기역학검사." 제4회 대한음성언어의학회 학술대회 심포지엄 및 워크샵. 165-172.
- McAllister, A. & J. Sundberg. 1998. "Data on subglottal pressure and SPL at varied vocal loudness and pitch in 8- to 11 year-old children." *Journal of Voice*, 12, 2, 166-174.
- Sapienza, C. M. 1997. "Aerodynamic and acoustic characteristics of the adult African American voice." *Journal of Voice*, 11, 4, 410-416.
- Alipour, F., R. C. Scherer. & E. Finnegan. 1997. "Pressure-flow relationships during phonation as a function of adduction." *Journal of Voice*, 11, 2, 187-194.
- Ng, Manwa L., H. R. Gilbert. & J. W. Lerman. 1997. "Some aerodynamic and acoustic characteristics of acute laryngitis." *Journal of Voice*, 11, 3, 356-363.
- Plant, R. L. & A. D. Hillel. 1998. "Direct measurement of subglottic pressure and laryngeal resistance in normal subjects and in spasmodic." *Journal of Voice*, 12, 3, 300-314.

접수일자: 2001. 7. 5.

게재결정: 2001. 8. 24.

▲ 박상희

대구광역시 남구 대명 3동 2288번지 (우: 705-030)  
 대구대학교 언어치료학과 임상청각실  
 Tel: +82-53-650-8246  
 E-mail: 49811097@hanmail.net, p49811097@freechal.com

▲ 정옥란

대구광역시 남구 대명 3동 2288번지 (우: 705-030)  
 대구대학교 언어치료학과  
 Tel: +82-53-650-8274  
 E-mail: oj@biho.taegu.ac.kr

▲ 석동일

대구광역시 남구 대명 3동 2288번지 (우: 705-030)  
 대구대학교 언어치료학과  
 Tel: +82-53-650-8272  
 E-mail: diseok@taegu.ac.kr