

## 모음에 따른 발성역치압력과 비성도 특성 비교 연구

이인애<sup>1\*</sup>, 황영진<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>루터대학교 언어치료학과

### A Comparison study of Phonation Threshold Pressure and Nasalance according to vowels.

Lee, Inae<sup>1\*</sup> and Hwang, young-jin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Language Therapy, Luter University

**요 약** 본 연구는 모음에 따라 발성역치압력과 비성도의 차이를 비교하고자 하였다. 2012년 5월부터 8월 동안에 대학에 재학 중인 20~30대의 정상성인 여성 28명을 대상으로 실시하였다. 발성역치압력은 객관적인 공기역학적 검사 도구인 PAS(Phonatory aerodynamic system, model 6600, KAY electronics, Inc)를 이용하였으며, /p/와 세가지 모음 /a, i, u/를 각 5번씩 측정하여 가운데 3개를 비교하여 분석하였다. 또한 비성도는 Nasometer II(model 6450, KAY electronics, Inc)를 이용하였으며, 세가지 모음 /a, i, u/를 5초 이상 연장발성하여 측정하였다. 그 결과, 모음에 따른 발성역치압력은 유의한 차이를 나타내었으며, 모음에 따른 비성도도 유의한 차이를 보였다. 발성역치압력과 비성도간의 상관관계도 매우 높은 상관성을 나타내었다. 따라서 모음간의 발성역치압력은 연인두 폐쇄정도를 예측할 수 있으며 그에 따른 비성도와 매우 연관성이 깊음을 알 수 있었다.

**Abstract** This study sought to compare the difference of Phonation Threshold Pressure and Nasalance according to vowels. We tested 28 normal females(20~30age) who be in attendance at a school from May to August 2012. We measured Phonation Threshold Pressure through PAS(Phonatory aerodynamic system, model 6600, KAY electronics, Inc) that aero-mechanical instrument called. Phonation Threshold Pressure was measured by using the consonant /p/ and the three vowels /a, i, u/ and was analyzed the three times of Phonation the five times. Also We measured Nasalance through the Nasometer II(model 6450, KAY electronics, Inc). The vowel's phonation was recored by using the three vowels /a, i, u/. the nasalance score was measured via Nasometer. As a Result, Phonation Threshold Pressure according to three vowels show significantly difference. Also, Nasalance according to three vowels show significantly difference. Finally, Correlation coefficient of Phonation Threshold Pressure and Nasalance according to three vowels show positive relation ship. Therefore Phonation Threshold Pressure and Nasalance according to three vowels have closely relationship.

**Key Words** : Phonation Threshold Pressure, Nasalance, Vowel

### 1. 서론

음성에서의 호흡은 발성을 위한 에너지원으로 매우 중요하며, 발성과정 또는 공명과정에 매우 큰 영향을 미친다. 특히 호흡에서의 성문하압(Subglottal Pressure, Ps)은 호흡의 효율성을 파악하는데 매우 중요한 역할을 한다 [1].

성문하압을 평가하기 위한 방법으로는 침습적인 방법과 비 침습적인 방법이 있는데, 예전에는 기관에 구멍을 내어 평가하는 침습적인 방법을 이용하여 평가하였다. 하지만 최근에는 구강의 압력을 이용한 비 침습적인 방법을 이용한 평가를 선호하는 경향을 보인다[2-4]. 또한 많은 연구자들은 성문하압을 측정하는데 그치지 않고 기존의 성문하압 측정방법과 차이를 둔 발성역치압력

\*Corresponding Author : Inae, Lee(Luter University)

Tel: +82-10-7170-2802 email: ohdlsdo123@hanmail.net

Received November 9, 2012

Revised (1st December 24, 2012, 2nd January 8, 2013)

Accepted February 6, 2013

(Phonation Threshold Pressure, 이하PTP)을 측정하는 데에 관심을 보인다. 왜냐하면 PTP는 쉬운발성(the ease of phonation)을 통하여 성대진동시작과 소리를 산출하기 위한 최소한의 폐의 압력으로써 편안함도와 강도로 발생하여 측정하는 성문하압(Ps)에 비해 성대의 병리적 상태를 나타내어 주기 때문이다[5-7].

Titze[8]은 PTP에 대한 공식을 다음과 같이 정의하였다.

$$PTP = \left( \frac{K_t}{T} \right) Bc\xi_0$$

$K_t$ 는 성문을 지나는 압력 지수(transglottal pressure coefficient)이며, T는 성대의 두께(the vertical vocal-fold thickness), B는 성대조직의 점성(the viscous damping coefficient of vocal fold tissues)을 뜻하고, c는 점막 파형의 속도(the mucosal wave propagation velocity),  $\xi_0$ 는 발성 전 성문의 절반 폭(the prephonatory glottal half-width)을 말한다. 즉 성대의 두께가 두꺼울수록 PTP는 감소하며, 성대조직의 점성이나 점막파형 속도가 높으며 성문 폭이 넓을수록 PTP는 증가한다.

이러한 PTP의 유의성에 대한 선행연구는 많이 이루어지고 있다. Chan[9]은 성대두께에 차이를 주어 PTP를 비교 분석하였는데, 471 cP의 점성에서 70  $\mu$ m의 성대두께는 10 cmH<sub>2</sub>O의 PTP를 나타내었고, 같은 점성에서 210  $\mu$ m의 성대두께는 3~5 cmH<sub>2</sub>O의 PTP를 나타내었다. 이는 성대두께는 PTP에 큰 영향을 줌을 뒷받침한다. 즉 성대 두께가 두꺼울수록 PTP가 감소됨을 나타내었다.

점성 또한 PTP에 많은 영향을 미치는데 성대 조직의 점성이 높을수록 PTP는 증가된다. 점성에 대한 실질적 관계에 대한 연구로는 Verdolini-Marston 등[10]의 연구가 있는데, 성대 결절이나 성대 비대증의 병변으로 성대의 무게가 있는 경우 수분치료법으로 성대의 점성을 증가시켜 PTP를 증가시켰다. 이렇듯 PTP는 쉬운 발성을 통한 구강압력으로 성대의 상태를 매우 민감하게 파악할 수 있다.

그러나 구강의 압력을 평가할 때 간접적으로 영향을 주는 것이 있다. 이것은 성도의 막힘의 정도에 따른 영향으로, 성도가 다 막힌 상태(fully occluded vocal tract)와 성도가 반 정도 막힌 상태(semi- occluded vocal tract)에서는 구강압력에 차이를 가진다고 할 수 있다[11].

PTP를 측정할 때는 사용되는 /p/라는 압력자음을 사용하며, 또한 유성음인 모음을 함께 사용한다(/p+/모음/) 이때 사용되는 모음은 성도의 막힘 정도에 차이를 보인다. 왜냐하면 모음 발생 시에는 입, 턱, 혀 등의 움직임이 동반하며, 이들의 움직임 없이 구강압력을 유지하는 것은

매우 어렵기 때문이다. 또한 이러한 모음의 움직임은 연인두 폐쇄와 비성도와도 깊은 관련이 있다[12].

Moon 등[13]은 /a, ae, i, u/ 4가지 모음 산출 시 연인두 폐쇄 수치를 비교하였는데, /a/모음의 경우는 31.3정도의 폐쇄 수치를 보였으며, /ae/모음은 30.15, /i/모음의 경우 44.42, /u/의 경우 55.57의 연인두 폐쇄 수치가 나타났다. Moll[14]은 연인두 비 폐쇄율을 /a, ae, i/ 3가지 모음 가지고 분석하였는데 /a/의 경우 37%, /ae/의 경우 38%, /i/의 경우 14%를 나타내었다. 황영진[15]의 연구에서는 /a, i, u/의 3가지 모음으로 비성도를 분석하였는데 남자의 경우 /a/는 27.7%, /i/는 32.5%로 나타났으며 /u/는 18.5%를 나타내었다. 여자의 경우 /a/는 30.1%, /i/는 45.2%, /u/는 23.8의 비성도를 나타내었다.

이렇듯 많은 선행연구들은 모음에 따라 연인두 폐쇄도와 비성도가 차이를 보인다고 설명한다. 이러한 비성도와 연인두 폐쇄수치는 구강압력과 매우 밀접한 관련이 있는데, 연인두 폐쇄부전이 있는 구개열 아동의 경우 비성도 수치가 정상보다 높으며 또한 압력자음의 산출이 어렵다[16]. 즉 연인두 폐쇄부전은 성대로부터 산출되는 에너지를 상대적으로 비강으로 많이 보내게 되며 따라서 구강압력이 낮아진다고 할 수 있겠다. 그리하여 연인두 폐쇄의 정도나 비성도의 특징은 구강압력에도 영향을 미칠 수 있음을 예측하여 볼 수 있으며, 또한 모음을 달리 하여 구강의 압력에 차이를 주었을 때 어떠한 특징을 보이는지 이들의 특성을 확인하여 볼 필요성이 있다.

하지만 PTP와 비성도에 대한 연구는 아직 부족하다. 특히 PTP의 경우 국내에서는 한 두 편의 연구 뿐이다. 이러한 이유는 국내나 국외에서 공기역학적 기기를 평가가 아직 활발히 이루어지지 않았으며, PTP의 경우 다양한 성대의 특성을 반영하므로 민감한 평가방법이기 때문이다[17].

그러나 위 평가방법은 매우 민감한 평가방법인 만큼 성대의 특성을 잘 반영하며, 모음을 산출 시에도 이러한 특성이 나타날 것이라 예측하여 볼 수 있다.

따라서 본 연구에서는 모음에 따른 PTP와 비성도를 비교하여 모음 산출시 구강에너지와 비강에너지가 어떠한 특성을 보이는지 살펴보고자 한다. 본 연구에서는 모음/a, i, u/에 따른 PTP의 차이, 비성도의 차이를 살피고 PTP와 비성도의 상관정도를 확인하여 보고자 한다. 구체적인 연구문제는 다음과 같다.

- 첫째, 모음/a, i, u/에 따라 PTP는 차이를 보이는가?
- 둘째, 모음/a, i, u/에 따라 비성도는 차이를 보이는가?
- 셋째, PTP와 비성도는 어떠한 상관관계를 보이는가?

## 2. 연구방법

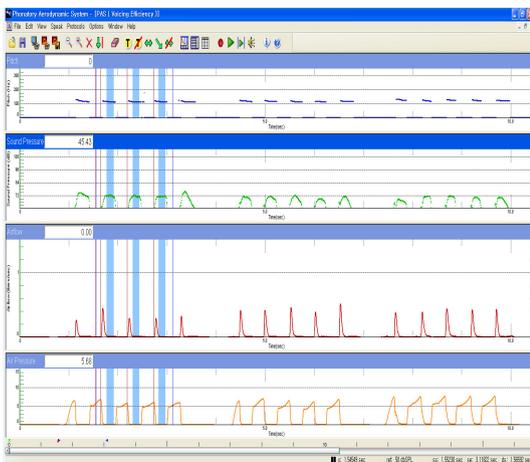
### 2.1 연구대상

본 연구에서는 2012년 5월부터 8월 동안에 대학에 재학중인 20~30대 정상성인여성 28명을 대상으로 하였다. 피험자 모두 음성질환이 없거나 감기에 걸리지 않은 자로 선정하였다.

### 2.2 연구도구 및 절차

본 실험은 PAS(Phonatory aerodynamic system, model 6600, KAY electronics, Inc)를 사용하여 다양한 모음상황에서의 PTP를 측정하였다. PAS 프로토콜 중 Voicing Efficiency를 이용하였으며, 녹음 시에는 마스크를 착용한 뒤 빨대를 입에 2~3 cm 정도 넣도록 하여 /p+/모음/를 가능한 부드럽게 쉬운 발성을 하도록 지시하였다[17]. 분석을 위해 사용한 자료로는 단모음/a, i, u/이며, 녹음된 각 모음의 PTP 값 5개 중 3개를 평균하여 비교하였다 (Fig. 1).

또한 비성도 측정을 위해 Nasometer™ II(model 6450, KAY electronics, Inc)를 사용하였으며, 비성도 측정을 실시하기 전 대상자에게 헤드기어를 착용시키고 세가지 모음/a, i, u/을 5초 동안 산출하도록 지시하였다. 녹음된 자료의 비성도는 전체에너지(구강에너지+비강에너지) 대 비강에너지 비율로 계산하였다[15].



[Fig. 1] Results measurement for PTP

### 2.3 자료분석 및 결과처리

모음에 따른 PTP의 차이와 모음에 따른 비성도의 차이는 모두 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 사용하였으며, 또한 PTP와 비성도 간의 상관관계를 알아보기

위해 Pearson correlation coefficient 를 이용하였다. 이를 위해 한글판 SPSS 18.0(Statistics package for social science, version 18.0, USA)을 사용하였다.

## 3. 연구 결과

### 3.1 모음에 따른 PTP차이 비교

모음에 따른 PTP의 수치를 알아보기 위하여 기술통계를 실시한 결과는 Table 1과 같다. /a, i, u/ 3가지 모음의 전체의 PTP 수치는 5.37±1.31 cmH<sub>2</sub>O로 나타났으며, /u>/i>/a/순으로 높게 나타났다. PTP 수치는 /u/모음의 경우 5.94±1.27 cmH<sub>2</sub>O로 제일 높게 나타났으며 /a/모음의 경우는 4.94±1.25 cmH<sub>2</sub>O로 제일 낮게 나타났다.

정상성인의 PTP가 모음에 따라 유의한 차이가 있는지 알아보기 위해 분산분석을 실시한 결과는 Table 2와 같다. 분산분석 결과, /a, i, u/모음 간의 PTP의 수치는 유의한 차이가 있었다(F=4.776). 또한 어떠한 모음에 차이를 보이는지 살펴보기 위해 LSD 사후분석을 실시한 결과, /a/-/u/, /i/-/u/, /u/-/a/, /u/-/i/의 차이가 유의하게 나타났다 (Table 3).

[Table 1] Mean and SD of PTP according to three vowels

PTP(Phonation Threshold Pressure).		정상성인
	모음전체	5.37±1.31
Mean±SD (cmH <sub>2</sub> O)	a	4.94±1.25
	i	5.22±1.26
	u	5.94±1.27

[Table 2] Results of one-way ANOVA on PTP according to three vowels

	제곱합	자유도	평균제곱	F
모음 집단-간	14.905	2	7.453	4.776*

\*p<.05

[Table 3] LSD Post-hoc of PTP according to three vowels

	모음/a/	모음/i/	모음/u/
모음/a/	-		
모음/i/	*	-	
모음/u/		*	-

\*p<.05

### 3.2 모음에 따른 비성도 차이 비교

모음에 따른 비성도의 수치를 알아보기 위하여 기술통계를 실시한 결과는 Table 4와 같다. /a, i, u/ 3가지 모음의 전체의 비성도 수치는 24.86±17.76%로 나타났으며, /i/ > /a/ > /u/ 순으로 높게 나타났다. 비성도의 수치는 /i/ 모음의 경우 33.32±20.19%로 제일 높게 나타났으며 /u/ 모음의 경우는 16.93±15.98%로 제일 낮게 나타났다.

정상성인의 비성도가 모음에 따라 유의한 차이가 있는지 알아보기 위해 분산분석을 실시한 결과는 Table 5와 같다. 분산분석 결과, /a, i, u/ 모음 간의 PTP의 수치는 유의한 차이가 있었다(F=6.819). 또한 어떠한 모음에 차이를 보이는지 살펴보기 위해 LSD 사후분석을 실시한 결과, /a/-/i/, /i/-/u/, /i/-/a/, /u/-/i/의 차이가 유의하게 나타났다(Table 6).

[Table 4] Mean and SD of Nasalance according to vowels

비성도		정상성인
모음전체		24.86±17.76
Mean±SD (%)	a	24.32±12.33
	i	33.32±20.19
	u	16.93±15.98

[Table 5] Results of one-way ANOVA on nasalance according to vowels

	제곱합	자유도	평균제곱	F
모음	3774	2	1887.107	6.819**
집단-간	.214			

\*\*p<.01

[Table 6] LSD Post-hoc of PTP according to vowels

	모음/a/	모음/i/	모음/u/
모음/a/	-		
모음/i/	*	-	
모음/u/		*	-

\*p<.05

### 3.3 PTP와 비성도 간의 상관관계 비교

정상성인 PTP와 비성도의 간의 상관관계를 비교하기 위해 피어슨 상관계수를 이용하여 분석을 실시한 결과는 Table 7과 같다. PTP와 비성도의 상관관계는 유의한 상관관계(p<0.005)를 나타내었으며, 또한 매우 높은 상관관계(r>0.70)를 보였다.

[Table 7] Correlation coefficient of PTP according to vowels

	PTP	비성도
PTP 상관계수	1	.961**
비성도 상관계수	.961**	1

\*\*p<.01

## 4. 논의 및 결론

본 연구에서는 모음에 따른 PTP와 비성도의 특성을 살펴보았다. 모음에 따른 PTP의 수치를 비교한 결과 모음에 따라 유의한 차이를 나타내었다. PTP 수치의 경우 /a/모음은 4.94±1.25 cmH<sub>2</sub>O, /i/모음의 경우 5.22±1.26 cmH<sub>2</sub>O, /u/의 경우는 5.94±1.27 cmH<sub>2</sub>O로 나타났다. /a/모음을 대상으로 실험한 선행연구와 비교하였을 때, Zraick[19]의 경우 5.4 cmH<sub>2</sub>O의 성문하압 결과를 나타내었으며 본 연구결과와 유사한 결과를 나타내었다.

모음에 따른 비성도의 수치를 비교한 결과 모음에 따라 유의한 차이를 나타내었다. 또한 /a/모음의 경우 24.32±12.33%, /i/모음의 경우 33.32±20.19%, /u/의 경우는 16.93±15.98%의 비성도 수치가 나타났다. 그 결과 비성도는 /i/ > /a/ > /u/ 순으로 높게 나타났으며 이것은 황영진[18]의 연구와 일치하는 특성을 보였다.

비성도 수치와 PTP 수치와의 연관성을 함께 살펴보면 다음과 같다. PTP의 수치는 /u/ > /i/ > /a/의 순으로 높게 나타났으며, /i/ > /a/ > /u/ 순으로 높게 나타났다. PTP의 /a/수치가 높을수록 비성도의 /a/수치는 상대적으로 적게 나타난다. 하지만 본 연구에서는 비성도 수치는 /a/보다 /i/가 더 높게 나타난 반면에 PTP 수치는 /i/가 /a/보다 구강압력이 더 높게 나타났다. 비성도가 높을수록 상대적으로 구강압력 적은 에너지를 나타내므로, 비성도가 높을수록 구강압력을 적을 것이라고 예상했던 결과와 다른 양상을 나타내었다.

이것은 모음 산출시 나타나는 혀의 위치와 입술과 턱의 움직임과 연관 지어 살펴볼 수 있는데 /i/모음의 경우 전설모음으로 중설모음인 /a/모음 보다 혀가 전방화되므로[18], 높은 비성도의 수치를 나타냈다고 예측할 수 있겠다. 하지만 PTP 측정의 경우에서는 /i/모음의 경우 고모음으로 입술과 턱의 움직임이 좁아져 저모음인 /a/모음 보다 높은 구강압력을 나타내었다고 설명할 수 있겠다. 즉 /i/모음의 경우 전설모음이지만 고모음이므로 인두와 입의 크기가 감소되어 이러한 결과를 나타낼 수 있음을 나타낸다[18]. 또한 혀의 수평적 위치(혀의 전후)와 수직적 위치(혀의 고저)가 어떻게 작용하는지에 따라 다양한

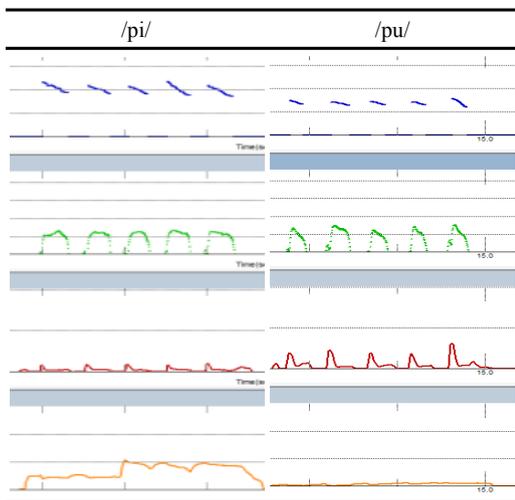
특징이 나타날 수 있음을 시사한다.

/u/모음의 경우 가장 높은 연인두 폐쇄 수치[13]와 가장 낮은 비성도[20]를 나타내었고 본 연구에서는 제일 높은 PTP의 수치가 나타났다. 이것은 /u/모음의 경우 후설 고모음으로 혀의 위치가 후방화 되어 강한 연인두의 폐쇄를 가지므로 위와 같은 결과를 보임을 설명할 수 있겠다.

본 연구결과에서 나타났듯이, 모음에 따라 압력에는 차이를 가지며 또한 모음이 구강압력 측정에서 고려되어야 할 매개 변수이므로 어떠한 모음을 사용해야 하는지에 대한 고려가 요구된다. 특히 PTP측정은 그 특성에 대한 연구가 아직 많이 이루어지지 않은 실정으므로 모음의 특성에 대한 분석이 매우 요구되며 측정 시 특성에 대해서도 살펴 볼 필요성이 있다.

왜냐하면 많은 연구에서는 기기를 통한 측정을 시도할 때에 /i/모음이나 /a/모음 등 다양한 모음을 이용한다. 공기역학적 기기인 Aerophone II은 /p+/i/모음을 통해 구강압력을 측정하길 권고하며 PAS(Phonatory aerodynamic system)는 /p+/a/모음으로 측정하도록 제안하고 있다. 이렇듯 다양한 모음 환경은 PTP측정 시 결과에 차이를 나타낼 수 있기 때문이다.

본 연구자가 실험을 진행할 때 /a/모음에 비해 /i/모음과 /u/모음의 경우 측정 시 오류를 많이 나타내어 다시 측정하게 되는 경우가 많았다. Fig. 2을 보면 오류특성을 알 수 있는데 제일 아래 나타나 있는 그래프 선이 압력을 나타낸다.



[Fig. 2] The error patterns /pi/, /pu/ of PTP measurement

/i/모음과 /u/모음의 공통점으로는 고모음인 점을 살펴 볼 수 있는데 앞에서 언급한 대로 고모음의 경우 입의 크

기가 감소되기 때문에 빨대를 통해 구강압력을 측정하는 PTP측정에는 어려움을 보인다. Titze[11]는 얇은 빨대를 이용하여 구강압력 측정 할 때에 입술과 턱의 움직임으로 인해 압력을 유지하기 어렵다고 하였다. 그렇기 때문에 성도가 반 정도 막힌 상태(semi- occluded vocal tract)의 모음으로의 측정이 입술과 턱의 움직임을 제거할 수 있으며 유지하기 좋으며 정확한 수치를 나타낼 수 있다고 하였다. 이러한 결과들을 종합하여 볼 때 PTP측정에 사용되기 좋은 모음은 /a/모음으로 예측하여 볼 수 있겠다.

또한 PTP와 비성도의 상관관계 분석에서는 이 두 파라메타가 매우 높은 상관도를 나타낸 것으로 나타났다. 이것은 위에서 두 파라메타가 비슷한 양상의 모습을 보이는 것은 비성도와 구강압력은 모음에 따라 서로 깊은 상호관계를 나타낸다고 볼 수 있다. 따라서 구강압력을 통해 비성도를 예측할 수 있으며 비성도는 구강압력을 미루어 예측할 수 있음을 제시한다. 또한 아직 많이 연구되지 않은 PTP측정이 비성도의 측정과 비교되어, 이 측정법이 비성도 측정만큼이나 매우 유의한 파라메타임을 뒷받침해 준다.

본 연구의 제안점은 다음과 같다. 본 연구에서는 모음에 따라서 정상성인의 PTP와 비성도를 비교하였다. 이러한 정상성인의 특성과 음성장애인의 PTP를 모음에 따라서 비성도와 함께 비교한다면 연인두 폐쇄와의 연관성을 더 심도있게 살펴볼 수 있으리라 사료된다.

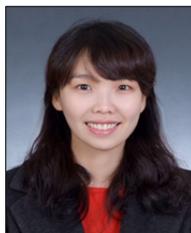
## References

- [1] Stepp, C. E., Heaton, J. T., Stadelman-Cohen, T. K., Braden, M. N., Jetté, M. E. & Hillman, R. E., "Characteristics of phonatory function in singers and nonsingers with vocal fold nodules", *Journal of voice*, Vol. 25, No. 6, pp. 714-724, 2011.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2010.06.003>
- [2] Zhuang, P., Sprecher, A. J., Hoffman, M. R., Zhang, Y., Fourakis, M., Jiang, J. J. & Wei, C. S., "Phonation threshold flow measurements in normal and pathological phonation", *Laryngoscope*, Vol. 119, No. 4, pp. 811-815, 2009.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/lary.20165>
- [3] Zheng, Y. Q., Zhang, B. R., Su, W. Y., Gong, J, Yuan, M. Q., Ding, Y. L. & Rao, S. Q., "Laryngeal aerodynamic analysis in assisting with the diagnosis of muscle tension dysphonia", *Journal of voice*, Vol. 26, No. 2, pp. 177-181, 2012.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2010.12.001>

- [4] Hertegård, S., Gauffin, J. & Lindestad, P. A., "A Comparison of subglottal and intraoral pressure measurements during phonation", *Journal of voice*, Vol. 9, No. 2, pp. 149-155, 1995.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0892-1997\(05\)80248-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0892-1997(05)80248-6)
- [5] Titze, I. R., "On the relation between subglottal pressure and fundamental frequency in phonation". *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 85, No. 2, pp. 901-906, 1989  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1121/1.397562>
- [6] Titze, I. R., "Phonation threshold pressure: A missing link in glottal aerodynamics", *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 91, No. 5, pp. 2926-2935, 1992.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1121/1.402928>
- [7] Jiang, J. J., Regner, M. F., Tao, C. & Pauls, S., "Phonation threshold flow in elongated excised larynx", *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology*, Vol. 117, No. 7, pp. 548-553, 2008
- [8] Titze, I. R., "The physics of small-amplitude oscillation of the vocal folds", *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 83, No. 4, pp. 1536-1552, 1988.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1121/1.395910>
- [9] Chan, R. W., Titze, I. R., & Titze, M. R., "Further studies of phonation threshold pressure in a physical model of the vocal mucosa", *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 101, No. 6, pp. 3722-3727, 1997  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1121/1.418331>
- [10] Verdolini-Marston, K., Sandage, M., & Titze, I. R., "Effect of hydration treatment on laryngeal nodules and polyps, and related voice measures", *Journal of voice*, Vol. 8, No. 1, pp. 30-47, 1994  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0892-1997\(05\)80317-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0892-1997(05)80317-0)
- [11] Titze, I. R., "Phonation threshold pressure measurement with a semi-occluded vocal tract", *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, Vol. 52, 1062-1072, 2009  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1044/1092-4388\(2009\)08-0110](http://dx.doi.org/10.1044/1092-4388(2009)08-0110)
- [12] Smitheran, J. R. & Hixon, T. J., "A clinical method for estimating laryngeal airway resistance during vowel production", *Journal of Speech and Hearing Disorders*, Vol. 46, pp. 136-146, 1987.
- [13] Moon, J. B., Kuehn, D. P., & Huisman, J. J., "Measurement of Velopharyngeal closure force during vowel production", *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, Vol. 31, No.5, pp. 356-363, 1994  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1597/1545-1569\(1994\)031<0356:MOVCFD>2.3.CO;2](http://dx.doi.org/10.1597/1545-1569(1994)031<0356:MOVCFD>2.3.CO;2)
- [14] Moll, K. L., "Velopharyngeal closure on vowels", *Journal of Speech and Hearing Research*, Vol. 5, No.1, pp. 30-37, 1962.
- [15] Hwang, Y. J., "Development of standardized reading sentences and normative nasalance score", Ph.D. dissertation, Daegu University, 2007.
- [16] Han, J. S. & Pyo, H. Y., "Cleft Palate and Craniofacial Anomalies: Effect on Speech and Resonance, 2nd Edition", Seoul: Sigma Press, 2011.
- [17] Choi, S. H., Jiang, J. J., Yun, B. R., Lee, J. Y., Lim, S. E. & Choi, H. S. (2010). Phonation Threshold Flow and Phonation Threshold Pressure in Patients with Adductor Spasmodic Dysphonia. *Journal of the Korean society of speech sciences*, Vol. 2, No. 3, pp. 157-164.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.4174/jkss.2010.78.3.157>
- [18] Hwang, Y. J., Kim, H. K., Jeong, O. R., Lee, J. H., "The Average Nasalance as a Function of Korean and Chinese in Vowels", *Speech Sciences*, Vol. 14, No. 3, pp. 139-146, 2007.
- [19] Zraick, R. I., Smith-Olinde, L., & Shotts, L. L. (2012). Adult normative data for the KayPENTAX Phonatory Aerodynamic System Model 6600. *Journal of Voice*, Vol. 26, No. 2, pp. 164-176.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2011.01.006>
- [20] Curtis, J., "F.Acoustics of speech production and nasalization, In D. C. Spriestersbach and D. Sherman (Eds.)", *Cleft Palate and Communication*. New York: Academic Press, pp. 27-60, 1968.

## 이 인 애(In ae Lee)

[정회원]



- 2013년 2월 : 루터대학교 루터대학원 언어치료학과 (언어치료학 석사)

<관심분야>

언어치료, 음성장애, 신경언어장애

황 영 진(Young-jin Hwang)

[정회원]



- 2004년 3월 : 대구대학교 재활과  
학대학원 재활학과 (이학석사)
- 2007년 8월 : 대구대학교 대학원  
재활학과 (이학박사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 루터대학교  
언어치료학과교수

<관심분야>

언어치료, 음성장애, 신경언어장애