

## 한국어 파열음의 발성 유형에 따른 공기역학 측정치 비교

### The Comparison of Aerodynamic Measures in Korean Stop Consonants based on Phonation Types

최 성 희<sup>1)</sup> · 최 철 희<sup>2)</sup>

Choi, Seong Hee · Choi, Chul-Hee

#### ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the effects of phonation types ([+/- aspirated], [+/- fortis]) on aerodynamic measures with Korean bilabial stops. Sixty-three healthy young adults (30 males, 33 females) participated to evaluate the VOF (Voicing Efficiency) tasks with bilabial stop consonants /p<sup>h</sup>/, /p/, /p'/ using *Phonatory Aerodynamic System (PAS) Model 6600* (Kay PENTAX Corp, Lincoln Park, NJ). All VOF measures were significantly influenced by phonation types except RANP(pitch range)( $p < .01$ ). For sound pressure, maximum SPL, mean SPL, and Mean SPL during Voicing have been shown to be significantly greatest in fortis stop /p'/ than aspirated /p<sup>h</sup>/ and lenis stop /p/ ( $p < .001$ ). On the other hand, mean pitch after lenis stop was significantly lower than after aspirated and fortis stops ( $p < .001$ ). Peak expiratory airflow, Target airflow, and FVC (Expiratory volume) were significantly lowest in fortis stop /p'/ which might be associated with higher aerodynamic resistance while peak air pressure and mean peak air pressure during closure were significantly lower in lenis stop /p/. Additionally, AEF (Aerodynamic efficiency) was significantly higher in fortis stop /p'/ than lenis stop /p/ as well as aspirated stop /p<sup>h</sup>/ ( $p < .001$ ). Thus, sound pressure, airflow parameters, and aerodynamic resistance made crucial roles in distinguishing fortis /p'/ from lenis stop /p/ and aspirated. Additionally, pitch and subglottal air pressure parameters were important aerodynamic characteristics in distinguishing lenis /p/ from fortis /p'/ and aspirated /p<sup>h</sup>/. Therefore, accurate aspirated /p/ stop consonant should be elicited when collecting the airflow, intraoral pressure related data with patients with voice disorders in order to enhance the reliability and relevance or validity of aerodynamic measures using PAS.

**Keywords:** Phonation types, Korean stop consonants, Aerodynamic measures, Validity

#### 1. 서론

공기역학검사는 음향학적 평가, 청지각적 평가와 더불어 임상에서 정상 음성과 장애 음성을 판별하고 후두의 발성 산출과 관련된 메카니즘을 평가하기 위해서 가장 널리 사용되는 음성평가법 중 하나이다. 특히, 공기역학검사는 발성동안 말산출과 관련된 호흡과 후두밸브기능에 대한 중요한 정보를 제

공한다(Zraick et al., 2011). 공기역학검사로는 폐용적, 성문하압력, 호기류량, 최대연장발성지속시간과 같은 단일 측정치나 성문저항, 음성효율과 같은 두 개 이상의 단일 측정치에 의해 얻어진 혼합 측정치가 임상에서 주로 사용되고 있다.

발성동안 성대 아래 호흡의 압력은 증가하고 이 압력은 내전된 성대의 저항이 버티지 못하고 두 성대의 막 성분을 분리시킬 때까지 압력이 증가하게 된다. 성문하압이나 평균호기류율과 성문하압의 비(ratio)인 성문저항(glottal resistance)이나 음향에너지와 성문하압의 비인 음성효율(glottal efficiency)은 공기역학측정에서 매우 중요한 변수로 성문하압의 정확한 측정에 의해 얻어낼 수 있다.

발성에 필요한 호흡 압력의 측정은 성대 아래의 압력 즉, 성문하압을 측정하는 것인데, 이는 기관압 혹은 폐압에 해당한다. 기관압을 측정하는 방법으로는 기관내 침삽입법(tracheal

- 
- 1) 대구가톨릭대학교 언어청각치료학과, 생체모방감각제어연구  
소, 가톨릭청각음성언어센터, shgrace@cu.ac.kr, 제1저자  
2) 대구가톨릭대학교 언어청각치료학과, 생체모방감각제어연구  
소, 가톨릭청각음성언어센터, cchoi@cu.ac.kr, 교신저자

접수일자: 2014년 11월 15일  
수정일자: 2014년 12월 9일  
게재결정: 2014년 12월 19일

puncture), 경성문 도자법(transglottal catheter), 기관절개공을 통한 측정법(measurement via a tracheostoma), 경식도법(Esophageal balloon) 등이 사용되어 왔다. 하지만, 기관압을 측정하기 위해서 기관에 바늘을 삽입하여 압력을 직접적으로 재는 절차나 기관을 절개하여 기관절개공이나 구강 혹은 식도를 통해 성대 아래의 압력을 측정하는 방법은 매우 침습적이므로, 기관압 대신 간접적인 방법으로 구강압을 측정하는 방법이 널리 임상에서 사용되고 있다. 구강압 측정은 파열음의 폐쇄구간 동안 구강 내 압력을 측정하는 데, 일반적으로 가장 높은 구강 내압을 생성하는 파열음이 사용된다. 특히, 파열음 중 무성파열음 /ㅍ/가 성문하압이나 기류를 측정할 때 검사어로 가장 많이 사용되는 데, /ㅍ/를 산출하는 동안 입술은 닫혀 있고, 연인두통로가 폐쇄되어 있으며, 성대는 최대로 열려있게 된다. 따라서, /ㅍ/를 사용하여 구강압을 재는 것이 가장 이상적으로 성문하압을 측정할 수 있다. 임상에서 간접적으로 성문하압을 측정하는 방법으로는 Aerophone II나 PAS (Phonatory Aerodynamic System)와 같은 상용화된 기기를 사용할 수 있는데, Aerophone II voice function analyzer는 측정 시에 /이-피-피/를 산출하여 /ㅍ/를 발생할 때의 압력을 성문하압으로 측정한다. 최근 상용화되어 가장 임상에서 널리 보급된 PAS에서는 음성효율성(Voicing Efficiency: VOFE)과제에서 파열음과 유성음을 번갈아 /파-파-파-파-파/를 5~7회 반복 발생하게 하여 산출하는 기류저지법을 사용한다. VOFE과제는 파열음 /ㅍ/가 터질 때, 최고 공기압 순간부터 평균 기류까지의 공기압과 음절 /파/에서 모음 /아/의 유성음 부분으로부터 음압 수준(sound pressure level)과의 관계를 측정한다.

한국어 파열음은 발생 유형에 따라 [+/- 기식성], [+/- 긴장성] 자질에 의해 세 가지 발생 유형인 평음, 경음, 기식음으로 구분된다. 특히, 한국어 양순 파열음은 발생 유형의 긴장성과 기식성 자질에 따라, 평음/ㅂ/, 경음/ㅃ/, 격음/ㅍ/의 형태를 지니는 데, 이러한 발생 유형에 따라 공기역학 측정치가 어떻게 변화하는지는 많이 연구되지 않았다. Dart(1987)는 10명의 한국인을 대상으로 긴장성 자질에 따라 한국어 파열음 산출 시 공기역학적 특성을 조사하였는데, 긴장성 자질을 가진 파열음이 긴장성 자질을 갖지 않은 파열음보다 터짐 전에 구강내압이 더 높았으나, 터짐 이후에는 더 낮은 호기류율을 나타내었다고 보고하였다. Lee & Smith (1974)의 연구에서는 한국어 파열음을 사용하여 구강압과 직접적인 성문하압을 측정하여 비교한 결과, 두 측정치 간에 차이를 보였다. 즉, 구강압에서는 경음과 격음 간에 차이가 없었으나, 직접적인 성문하압 측정에서는 격음에서 성문하압이 두드러지게 높게 나타났고 경음과 평음 간에는 직접적인 성문하압 측정치에 유의한 차이를 보이지 않았다. 국내에서는 박상희 등(2001)이 Aerophone II를 사용하여 12명의 정상인을 대상으로 모음 /아/, /이/의 환경에서 /아-파-파/와 /이-피-피/로 성문하압을 측정할 때 /ㅍ/가 선행 모음의 영향

으로 유성과 무성일 때의 성문하압의 측정치를 비교하여 타당성을 비교하였으나, 성문하압의 타당성 연구가 모음 사이에 위치한 무성음과 유성음만을 대상으로 하였다. 음성장애 환자의 공기역학 검사 시에 현재 가장 널리 임상에서 사용되는 PAS를 사용하여 검사를 실시할 때는 /파/의 음절을 반복하여 성문하압을 포함한 다양한 공기역학 측정치를 얻어내고 있는데, 피검자가 /파/음절을 반복할 때 정확한 /파/음절을 반복하지 않고 /바/로 대치하거나 혹은 /ㅃ/로 대치하여 반복하는 경우가 있다. 만약 발생 유형에 따른 자극어에 따라 측정치의 결과에 유의한 차이를 주지 않는다면 발생 유형에 따른 자극어의 정확한 산출이 타당도에 큰 영향을 미치지 않을 것이다. 이처럼 아직까지는 PAS를 이용한 한국어의 세 가지 발생 유형에 따른 한국어 양순파열음의 공기역학 측정치는 보고된 바가 없으며, 성문하압의 타당성에 대한 연구가 전반적이고 체계적으로 이루어지지 않은 상태이다.

본 연구는 발생 유형에 따른 한국어 파열음의 공기역학적 특성을 비교해 보고, 발생 유형이 공기역학적 특성에 미치는 영향을 살펴보고자 한다. 아울러, 공기역학 측정치에 대한 타당도를 높이기 위해서 현재 임상에서 가장 많이 사용되는 PAS를 사용하여 한국어 파열음의 서로 다른 발생 유형에 따른 검사어 간의 VOFE 과제의 15개 공기역학 측정치인 최대음압(MAXDB), 평균음압(MEADB), 유성음 산출 시 평균음압(DHODB), 평균음도(MEAP), 음도범위(RANP), 호기류 지속시간(FET100), 최고호기류율(PEF), RAP(평균성문하압), MPAP(평균성문하압), 표적 호기류율(TARF), 호기량(FVC), 유성음 산출 시 평균 호기류율(MFPHO), 공기역학적(APOW), 공기역학적저항(ARES), 공기역학효율성(AEFF)값에 차이가 있는지 살펴보고자 한다.

## 2. 연구 대상 및 절차

### 2.1 연구 대상

연구 대상은 한국 정상 청년층 20~29세의 총 63명의 정상 화자(남자 30, 여자 33)를 대상으로 하였다. 평균 연령은 22±3.7세였다. 모든 참여자는 김계옥(2014)의 연구 대상자의 선정 기준에 따라, 흡연 경험이 없고, 폐질환이나 신경학적 질환이 없으며, 특히 검사일로부터 최근 2주 동안 상호호기감염이나 호흡질환이 없는 사람으로 하였다. 또한, 후두전문의에 의한 후두내시경 소견 상 후두 구조가 정상이며, 순음 검사에서 청력 이상이 없으며, 현재 상기도감염이나 알레르기가 없는 자였다. 또한, 5년 이상의 음성장애 임상 경험이 있는 1급 언어치료사 두 명에 의해 청지각적으로 정상 음성으로 평정되고 말장애가 없는 사람으로 평가된 사람들을 대상으로 선정하였다.

2.2 연구 방법

대상자들은 소음이 통제된 방에서 편안한 자세로 앉은 다음, PAS Model 6600 (Kay Pentax Corp, Lincoln Park, NJ)을 이용하여 공기역학검사 중 VOFE과제를 PAS 매뉴얼에 따라 실시하였다. 검사의 측정에 앞서 대상자에게 검사하는 방법을 안내하고 연습을 한 뒤에 본 검사를 실시하였다. 특히, 대상자가 얼굴에 마스크를 가져가 대기 전에 흡기를 하도록 지시하였으며, 호기 단계에서만 PAS검사를 실시하도록 연습하였고, 한국어 파열음의 세 가지 발생 유형에 따라 정확한 조음을 하도록 연습을 실시하였다. 또한, /파-파-파-파-파/, /마-마-마-마-마/, /ㅃ-ㅃ-ㅃ-ㅃ-ㅃ/와 같이 각각의 음절을 5회 반복할 때 음절과 음절 간에 흡기를 하지 않도록 하였으며, 음절 간 1.5초의 속도로 반복하도록 하되 이 때 모음은 좀 더 길게 발생하도록 하고, 편안한 음도와 강도에서 소리를 내도록 하였다. 본 검사 실시에 앞서 1.0 Liter syringe를 사용하여 ±1%가 넘지 않도록 보정(calibration)을 실시하였다. VOFE과제를 실시하기 위하여 대상자에게 양 손으로 바깥 손잡이를 잡은 상태에서 뉴모타코 그래프에 연결되어 있는 직경이 1mm되는 일회용 튜브를 마스크에 끼운 상태에서 숨을 충분히 들이 마신 뒤 마스크로 코와 입을 공기가 새어 나가지 않도록 얼굴에 완전히 밀착시킨 뒤 튜브를 물고 한 호흡에 편안한 음도와 강도에서 발생 유형에 따라, /파/, /마/, /ㅃ/를 같은 강세를 주면서 각각 5번 반복하도록 하였으며 이를 3회씩 반복 시행하였다.

2.3 자료 분석

본 연구의 VOFE과제에 사용된 15개 공기역학측정치들은 5번의 /파/반복 중 첫 번째와 마지막 다섯 번째를 제외한 가운데 3개의 /마/, /파/, /ㅃ/를 각각 선정하여 측정한 값의 평균을 산출하여 위의 측정치를 얻어내었다.

PAS의 15개 VOFE과제의 공기역학적 변수들은 크게 단일 측정치와 두 개 이상의 단일 측정치로 계산되는 연합 측정치로 편의상 분류하였다. 특히, 단일 측정치들은 4개의 범주(음압, 음도, 성문하압, 기류 측정치)로 크게 분류하였으며, 마지막으로 두 개 이상의 단일 측정치들에 의해 산출되는 변수들은 연합 측정치에 포함하여 자료 분석을 실시하였다.

15개의 공기역학측정치의 용어 및 정의는 다음과 같다.

- 1) MAXDB(Maximum SLP) : 최대음압
- 2) MEADB(Mean SPL) : 평균음압
- 3) DHODB(Mean SPL During Voicing) : 유성음 산출 시 평균음압
- 4) MEAP(Mean Pitch) : 평균음도
- 5) RANP(Pitch Range) : 음도범위
- 6) FET100(Expiratory Airflow Duration) : 호기류 지속시간
- 7) RAP(Peak Air Pressure) : 최고성문하압
- 8) MPAP(Mean Peak Air Pressure) : 평균성문하압

- 9) PEF(Peak Expiratory Airflow) : 최고호기류율
- 10) TARF(Target Airflow) : 표적호기류율
- 11) FVC(Expiratory Volume) : 호기량
- 12) MFPHO(Mean Airflow During Voicing) : 유성음 산출 시 평균호기류율
- 13) APOW(Aerodynamic Power) : 공기역학력
- 14) ARES(Aerodynamic Resistance) : 공기역학저항(혹은 성문저항)
- 15) AEF(Aerodynamic Efficiency) : 공기역학효율(혹은 음성 효율)

2.4 통계 분석

수집된 자료의 통계 분석은 IBM SPSS Statistics 19.0™을 사용하였으며 기술통계량에서 발생 유형에 따른 3개의 한국어 파열음 자극어 /파/, /마/, /ㅃ/의 공기역학측정치의 평균값과 표준편차를 얻어 내었고, 발생 유형의 파열음 자극어 간의 공기역학 측정치의 차이는 반복측정 분산분석으로 검정하였다. 분산분석에서 Mauchly의 구형성 검정에 의해 구형성이 가정된 경우는 구형성 가정값을 사용하였으며, 구형성 가정을 만족하지 않는 경우는 Greenhouse-Geisser로 수정한 값을 사용하였고 유의수준은 0.05였다. 또한, 반복측정 검정결과, 통계적으로 유의미한 공기역학적 변수들은 대조(contrast) 분석을 실시하여 3개의 음소 간의 대응별 유의성 검정을 실시하였다.

3. 연구 결과

3.1 발생유형에 따른 파열음 검사어의 음압(sound pressure) 측정치

VOFE과제에서 발생 유형에 따른 파열음/ㅃ/,/마/,/파/의 측정치의 기술통계 결과와 통계적 유의성은 <표-1>과 같다.

<표-1>과 <그림 1>에서 제시한 바와 같이, MAXDB는 /ㅃ/> /파/> /마/ 순으로 /ㅃ/가 가장 높았는데, 반복측정 검정결과, 발생 유형 간에 MAXDB는 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<.001). <표-2>의 음소 간 다중 비교 결과, 경음/ㅃ/은 격음/ㅃ/와 유의한 차이를 보였으며(p<.001), 평음/ㅃ/와도 유의한 차이를 보였다(p<.001). 즉, 양순파열음 중 경음/ㅃ/를 산출할 때가 평음/ㅃ/나 격음/파/를 산출할 때보다 소리의 크기가 가장 큰 것으로 나타났다.

MEADB는 MAXDB와 마찬가지로 /ㅃ/가 가장 높았으며, /파/, /마/순 이었다. 반복측정 검정결과, 발생 유형 간에 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<.001). 음소 간 다중 비교 결과, 경음/ㅃ/는 격음/ㅃ/와 유의한 차이를 보였으며(p<.001), 평음/ㅃ/와도 유의한 차이를 보였다(p<.001).

DHODB는 파열음 산출 후 모음의 평균 음압 수준으로 정의 되는데, /ㅃ/> /파/> /마/ 순으로 반복측정 검정결과, 발생 유형

간에 유의한 차이를 보였다( $p<.001$ ). 음소 간 다중 비교 결과, 경음/ㅃ/는 격음/ㅍ/와 유의한 차이를 보였으며( $p<.001$ ), 평음/ㅂ/와도 유의한 차이를 보였다( $p<.001$ ). 즉, /ㅃ/파열 후 모음/아/의 평균음압 역시 가장 높았다.

표 1. 발성유형에 따른 파열음 검사어의 VOFE 측정치(평균±표준편차)

Table 1. VOFE measures of Korean bilabial stop consonants based on phonation types (Mean±SD)

음압 측정치				
변수	/ㅍ/	/ㅂ/	/ㅃ/	<i>p</i> -value
MAXDB	81.8±5.2	81.3±4.9	83.8±4.8	$p=.000^{***}$
MEADB	80.0±5.1	79.4±5.0	82.0±4.9	$p=.000^{***}$
DHODB	80.0±5.1	79.4±5.0	82.0±4.9	$p=.000^{***}$
음도 측정치				
MEAP	206±50	187±46	208±50	$p=.000^{***}$
RANP	16.4±32	11.8±27	14.2±29.6	$p=.632$
성문하압 측정치				
RAP	8.7±2.4	7.1±2.4	8.4±2.4	$p=.000^{***}$
MPAP	8.1±2.4	6.5±2.3	7.7±2.2	$p=.000^{***}$
기류 측정치				
PEF	0.17±0.2	0.13±0.1	0.11±0.1	$p=.003^{**}$
TARF	0.11±0.1	0.10±0.1	0.08±0.1	$p=.001^{**}$
FVC	0.06±0.1	0.07±0.1	0.05±0.1	$p=.002^{**}$
MFPHO	0.11±0.1	0.10±0.1	0.08±0.1	$p=.001^{**}$
FET100	0.51±0.1	0.63±0.2	0.53±0.15	$p=.000^{***}$
연합 측정치				
APOW	0.10±0.1	0.07±0.1	0.06±0.1	$p=.004^{**}$
ARES	181±238	151±161	222±242	$p=.002^{**}$
AEFF	356±288	471±483	894±1018	$p=.000^{***}$

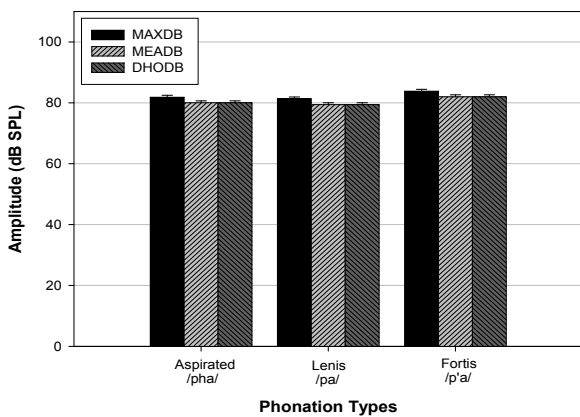


그림 1. 발성유형에 따른 파열음 검사어의 음압 측정치  
Figure 1. Sound pressure measures of Korean stop consonants based on phonation types

표 2. 발성 유형에 따른 파열음 검사어의 음압(sound pressure) 측정치의 음소 간 다중 비교 결과  
Table 2. Results of multiple comparisons among phonemes in sound pressure measures of Korean bilabial stops

MAXDB	<i>p</i>	MEADB	<i>p</i>	DHODB	<i>p</i>
/ㅍ-/ㅂ/	.201	/ㅍ-/ㅂ/	.100	/ㅍ-/ㅂ/	.094
/ㅍ-/ㅃ/	.000*	/ㅍ-/ㅃ/	.000*	/ㅍ-/ㅃ/	.000*
/ㅃ-/ㅂ/	.000*	/ㅃ-/ㅂ/	.000*	/ㅃ-/ㅂ/	.000*

표 3. 발성 유형에 따른 파열음 검사어의 음도(pitch) 측정치의 음소 간 다중 비교 결과  
Table 3. Results of multiple comparisons among phonemes in pitch measures of Korean bilabial stops

MEAP	<i>p</i>		<i>p</i>		<i>p</i>
/ㅍ-/ㅂ/	.000*	/ㅂ-/ㅍ/	.000*	/ㅃ-/ㅂ/	.514
/ㅍ-/ㅃ/	.514	/ㅂ-/ㅃ/	.000*	/ㅃ-/ㅍ/	.000*

3.2 발성유형에 따른 파열음 검사어의 음도(pitch) 측정치

VOEF과제에서 발성 유형에 따른 파열음/ㅍ/ /ㅂ/ /ㅃ/의 음도 측정치 기술통계량과 반복 측정 분산분석의 음소 간 다중 분석 비교 결과는 각각 <표-1>, <표-3>과 같다.

MEAP는 파열음 산출 후 모음의 평균 음도 수준으로 정의 되는데, <그림 2>와 같이, /ㅃ/ > /ㅍ/ > /ㅂ/ 순으로 평음/ㅂ/파열 후 모음/아/의 평균음도가 가장 낮았다. 반복측정 검정을 실시한 결과, 발성 유형 간에 통계적으로 유의한 차이를 보였으며 ( $p<.001$ ), 음소 간 다중 비교 결과, 평음/ㅂ/는 격음/ㅍ/와 경음/ㅃ/와 모두 유의한 차이를 보였다( $p<.001$ ).

RANP는 최소음도와 최대음도 간 차이를 말하는 데, /ㅍ/ > /ㅃ/ > /ㅂ/ 순으로 /ㅍ/파열 후 모음/아/의 최대음도와 최소음도 간의 음도범위가 가장 컸으나, 발성 유형에 따라 통계적으로 유의한 차이는 없었다( $p>.05$ ).

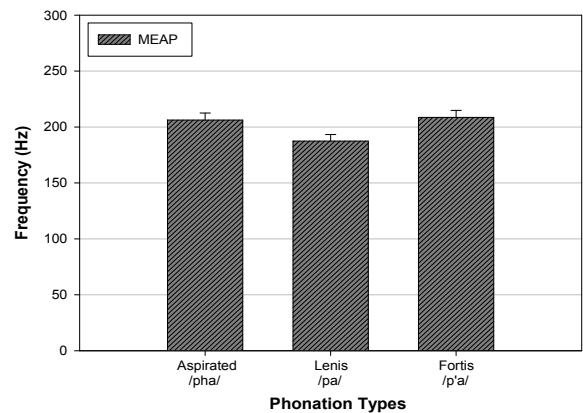


그림 2. 발성유형에 따른 파열음 검사어의 음도 측정치  
Figure 2. Pitch measures of Korean stop consonants based on phonation types

3.3 발생유형에 따른 파열음 검사어의 기류(air flow) 측정치

VOEF과제에서 발생 유형에 따른 파열음/ㅍ/,/ㅂ/,/ㅃ/의 공기 흐름 측정치의 기술통계량과 음소 간 다중 비교 결과는 <표-1>과 <표-4>에 각각 제시하였다.

FET100은 전체 호기 시간을 의미하는 데, /ㅃ/ > /ㅂ/ > /ㅍ/ 순으로 나타났다. 반복측정 분석을 실시한 결과, 발생 유형 간에 통계적으로 유의한 차이를 보였으며( $p < .001$ ), 다중 비교 결과 평음/ㅂ/는 격음/ㅍ/와 경음/ㅃ/와 유의한 차이를 보여, /ㅂ/의 호기류 지속시간이 유의하게 가장 길었다.

PEF는 최고호기류율로 <그림 3>과 같이, /ㅃ/ 0.17 l/sec, /ㅂ/ 0.13 l/sec, /ㅍ/ 0.11 l/sec로 /ㅃ/ > /ㅂ/ > /ㅍ/ 순이었다. 반복측정 분석을 실시한 결과, 발생 유형 간에 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $p < .001$ ). 음소 간 다중 비교 결과, /ㅃ/는 /ㅂ/와 /ㅍ/와 모두 유의한 차이를 보여, 음소 중 /ㅃ/에서 최고호기류율이 가장 유의하게 낮았다( $p < .05$ ).

TARF는 발화에서 유성분질의 평균호기류율로 반복측정 분석을 실시한 결과, 발생 유형 간에 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $p < .01$ ). 다중 비교 결과, /ㅃ/는 /ㅂ/와 /ㅍ/와 모두 유의한 차이를 보여, /ㅃ/에서 표적호기류율이 가장 유의하게 낮았다( $p < .05$ ).

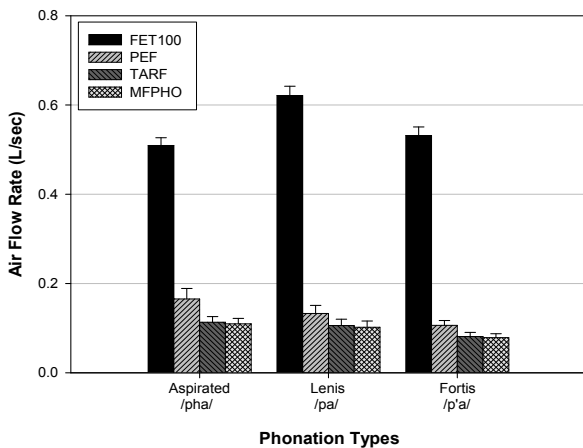


그림 3. 발생유형에 따른 파열음 검사어의 기류 관련 측정치  
Figure 3. Airflow-related measures of Korean stop consonants based on phonation types

FVC는 /ㅃ/ > /ㅂ/ > /ㅍ/ 순으로 반복측정 분석을 실시한 결과, 발생 유형 간에 통계적으로 유의한 차이를 보였고( $p < .01$ ), 다중 비교 결과, /ㅃ/는 /ㅂ/와 /ㅍ/와 모두 유의한 차이를 보여, /ㅃ/에서 호기량이 가장 유의하게 낮았다( $p < .05$ ).

MFPHO는 유성음이 산출되는 동안 전체 공기의 양으로 특히, 음도 곡선에서 유성성이 있는 부분을 유성 기간으로 나누는 값으로 /ㅃ/에서 가장 높았고, /ㅂ/, /ㅍ/ 순이었다. 반복측정 분석을 실시한 결과, 발생 유형 간에 통계적으로 유의한 차이를

보였고( $p < .01$ ), 다른 기류 측정치와 마찬가지로 /ㅃ/는 /ㅂ/와 /ㅍ/와 모두 유의한 차이를 보여, /ㅃ/에서 평균호기류율이 가장 유의하게 낮았다( $p < .05$ ).

표 4. 발생 유형에 따른 파열음 검사어의 기류 측정치의 음소 간 다중 비교 결과

Table 4. Results of multiple comparisons among phonemes in airflow measures of Korean bilabial stops

PEF	<i>p</i>	TARF	<i>p</i>	MFPHO	<i>p</i>
/ㅍ/-/ㅂ/	.065	/ㅍ/-/ㅂ/	.260	/ㅍ/-/ㅂ/	.248
/ㅍ/-/ㅃ/	.005*	/ㅍ/-/ㅃ/	.001*	/ㅍ/-/ㅃ/	.002*
/ㅃ/-/ㅂ/	.033*	/ㅃ/-/ㅂ/	.011*	/ㅃ/-/ㅂ/	.014*

3.4 발생 유형에 따른 파열음 검사어의 성문하압(air pressure) 측정치

VOEF과제에서 발생 유형에 따른 파열음/ㅍ/,/ㅂ/,/ㅃ/의 공기 압 측정치인 최고성문하압, 평균성문하압의 기술통계량은 <표-1>과 <그림 4>와 같다.

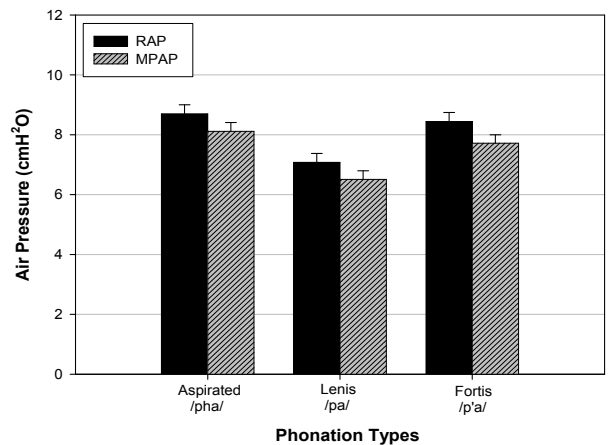


그림 4. 발생유형에 따른 파열음 검사어의 성문하압 측정치

Figure 4. Air pressure measures of Korean stop consonants based on phonation types

RAP는 성문하압 곡선 범위 내에서 음압 파열(burst) 중 관찰되는 가장 높은 압력인데, /ㅃ/ > /ㅂ/ > /ㅍ/ 순으로 /ㅃ/가 가장 높았다. 반복측정 분산분석 결과, 발생 유형 간에 통계적으로 유의한 차이를 보였으며( $p < .001$ ), 다중 비교 결과, /ㅂ/는 /ㅃ/와 /ㅍ/ 간에 모두 유의한 차이를 나타내었다( $p < .001$ ).

MPAP는 최고성문하압과 마찬가지로 /ㅃ/ > /ㅂ/ > /ㅍ/ 순으로 /ㅃ/가 가장 높았으나, <표-5>와 같이 /ㅃ/와 /ㅂ/간에는 유의한 차이를 보이지 않았으며, /ㅂ/는 /ㅃ/와 /ㅍ/와 모두 유의한 차이를 보였다( $p < .001$ ).

표 5. 발성 유형에 따른 파열음 검사어의 기압 측정치의 음소 간 다중 비교 결과

Table 5. Results of multiple comparisons among phonemes in air pressure measures of Korean bilabial stops

RAP	<i>p</i>	MPAP	<i>p</i>
/ㅍ-/ㅂ/	.065	/ㅍ-/ㅂ/	.260
/ㅍ-/ㅃ/	.005*	/ㅍ-/ㅃ/	.001*
/ㅃ-/ㅂ/	.033*	/ㅃ-/ㅂ/	.011*

3.5 발성유형에 따른 파열음 검사어의 연합 측정치

VOEF과제에서 발성 유형에 따른 파열음/ㅍ/ㅂ/ㅃ/의 연합 측정치(combination measurement)인 공기역학적력, 공기역학적저항, 및 공기역학효율의 기술통계량 결과는 <표 - 1>과 같다.

APOW는 평균성문하압 \* 표적호기류를 \* 0.09806인 값으로 <그림 5>와 같이, /ㅍ/> /ㅂ/> /ㅃ/ 순으로 /ㅍ/에서 가장 높았다. 반복측정 분산분석 결과, 발성 유형 간에 통계적으로 유의한 차이를 보였으며(*p*<.001), <표-6>의 다중 비교 결과, /ㅍ/는 /ㅂ/와 /ㅃ/ 간에 모두 유의한 차이를 나타내었다(*p*<.001).

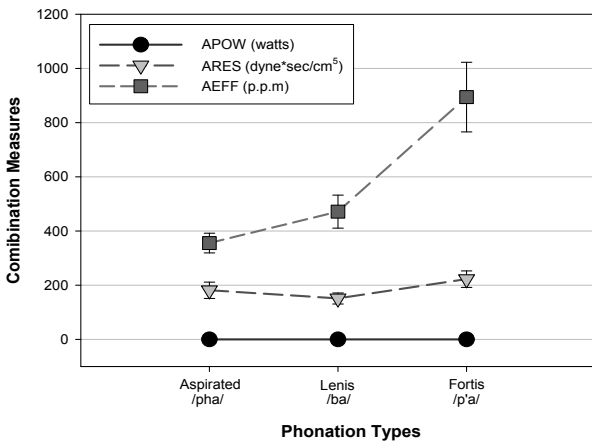


그림 5. 발성유형에 따른 파열음 검사어의 연합 측정치

Figure 5. Combination measurements of Korean stop consonants based on phonation types

반면에, ARES는 공기역학적저항(혹은 성문저항)으로 평균성문하압 / 표적호기류를 \* 0.9806로 정의되는데, /ㅃ/가 가장 높았고 /ㅍ/> /ㅂ/ 순이었다. 반복측정 분산분석 결과, 발성 유형 간에 통계적으로 유의한 차이를 보였으며(*p*<.001), 다중 비교 결과, /ㅃ/는 /ㅍ/와 /ㅂ/ 간에 모두 유의한 차이를 나타내었다(*p*<.001).

AEFF(Aerodynamic efficiency)는 공기역학효율(혹은 음성효율)로 음향학적 에너지(acoustic power)를 공기역학적력(aerodynamic power)으로 나눈 값으로 /ㅃ/에서 가장 높았고 /ㅍ/에서 가장 낮았다. 반복측정 분산분석 결과, 발성 유형 간에 통계적으로

유의한 차이를 보였으며(*p*<.001), 다중 비교 결과, /ㅃ/는 /ㅍ/와 /ㅂ/ 간에 모두 유의한 차이를 나타내었으며(*p*<.001), /ㅍ/와 /ㅂ/ 간에도 유의한 차이를 보였다(*p*<.01).

표 6. 발성 유형에 따른 파열음 검사어의 연합 측정치의 음소 간 다중 비교 결과

Table 6. Results of multiple comparisons among phonemes in air pressure measures of Korean bilabial stops

APOW	<i>p</i>	ARES	<i>p</i>	AEFF	<i>p</i>
/ㅍ-/ㅂ/	.000*	/ㅍ-/ㅂ/	.094	/ㅍ-/ㅂ/	.014
/ㅍ-/ㅃ/	.006*	/ㅍ-/ㅃ/	.044*	/ㅍ-/ㅃ/	.000*
/ㅃ-/ㅂ/	.493	/ㅃ-/ㅂ/	.001*	/ㅃ-/ㅂ/	.000*

4. 논의 및 결론

본 연구는 발성 유형에 따른 한국어 파열음 산출이 공기역학적 측정치에 어떠한 영향을 주는 지 알아보기 위해 정상 청년층을 대상으로 음성효율과제의 측정치를 비교하였다.

음운자질은 성문 뿐 아니라 성문상 및 성문하체계의 상태를 반영하며, 이러한 성도(vocal tract)의 영역이 음운변별에 영향을 주는 것으로 보고되고 있다. 특히, 한국어의 파열음은 다른 언어와 달리, 초성에서 긴장성 자질을 갖는 경음, 격음과 기식성 자질을 갖는 격음, 긴장성 및 기식성을 갖지 않는 평음의 세 가지 방식의 발성 유형으로 구분될 수 있다. 이러한 한국어 파열음의 세 가지 발성 유형의 특징은 발성개시시간(VOT)에 의해 구분될 수 있다고 하였는데, 경음의 VOT가 가장 짧고, 평음, 격음 순으로 격음이 가장 VOT가 긴 것으로 나타났다(Han & Weitzman, 1970). 한국어 파열음의 음향학적 특성 및 지각 연구에서 어두 위치에서만 VOT가 세 자음을 구별해 줄 수 있는 중요한 음향학적 단서로 보았다(배재연, 신지영 & 고도홍, 1999; 이경희 · 정명숙, 2000). 하지만, 파열음의 VOT는 발성유형에 따라 그 범위가 중복되어 나타나(Han & Weitzman, 1970; Hirose, Lee & Ushijima, 1974), VOT가 파열음의 발성 유형을 구분 짓는 주요한 특징이 될 수 없다고 하였다(Cho, Jun & Ladefoged, 2002).

반면에, 파열음 산출 후 모음의 기본주파수와 강도에 따라 파열음의 발성 유형을 구분할 수 있었는데(Han & Weitzman, 1970), 일반적으로 격음이나 경음 산출 후 모음의 기본주파수는 평음에 비해 비교적 높아(Hardcastle, 1973; Kagaya, 1974), 기본주파수가 평음/ㅂ/를 경음/ㅃ/나 격음/ㅍ/와 구분 짓는 중요한 단서로 제공될 수 있다고 보았다. 마찬가지로, Umeda & Umeda (1985)의 연구에서도 후행 모음의 기본주파수에 있어서는 평음보다는 격음과 경음 산출 후 기본주파수가 더 높다고 보고하였다. 본 연구에서도 발성 유형 간에 통계적으로 유의한 차이를 보였으며(*p*<.001), 음소 간 다중 비교를 실시한 결과,

평음/바/는 격음/파/ 및 경음/ㅍ/와 모두 유의한 차이를 보여 선행 연구와 마찬가지로 평음의 후행 모음이 경음과 격음에 비해 유의하게 낮은 결과를 보였다. 따라서, 기본주파수의 차이로부터, 발생 유형에 따른 성대의 긴장성(tension)이나 경직(stiffness)과 같은 물리적 특성에 대한 정보를 추론할 수 있겠다.

또한, 발생 개시 후 강도(intensity)는 평음이나 격음의 경우 후행 모음의 강도를 증가시키기 위해서는 경음의 후행 모음에 비해 비교적 더 많은 시간이 요구되었는데, 한국어 파열음을 이용한 말합성과 말지각 실험에서 파열음 산출 후 후행모음의 강도가 경음은 비교적 빠른 강도의 상승을 보인 반면, 평음은 점차적인 강도 증가를 나타내었다(Han & Weitzman, 1970). 본 연구에서도 최대음압과 평균음압은 경음/ㅃ/에서 가장 유의하게 높았으며, 평음/ㅂ/와 격음/ㅍ/가 유의한 차이를 보여, 선행 연구와 비슷한 결과를 보였다. 그밖에 파열음의 폐쇄 길이도 한국어 파열음의 발생 유형을 구분 짓는 또 다른 음향학적 단서로 보았는데, 평음이 가장 짧았고, 격음, 경음 순으로 경음이 가장 길었다(표화영·최홍식, 1996). 본 연구에서는 직접적으로 파열음의 폐쇄 구간과 같은 음향학적 측정치는 하지 않았으나, 이러한 경음의 긴 폐쇄 구간의 길이는 입술의 긴장성에 영향을 미칠 것으로 보이며 입술의 긴장성 정도가 강도에 영향을 미칠 수 있겠다.

한편, Cho et al.(2002)의 연구에서는 구강기류도 발생 유형에 따라 차이를 보였는데, Dart(1987)의 연구와 마찬가지로 경음이 평음에 비해 유의하게 낮은 기류량을 보였다. 본 연구에서도 발생 유형에 따라 호기류지속시간, 최고호기류율, 표적호기류율, 호기량 모두 유의한 차이를 보였는데, 경음인 /ㅃ/에서 최고호기류율(PEF), 표적호기류율(TARF), 호기량(FVC)이 가장 유의하게 낮았다.

Kagaya 등(1974)은 후두내시경 및 음향학적 연구를 시행하여 후두의 자음 생성 시 중요한 성문 특성을 발견하였는데, 경음은 성대가 완전히 닫혀 있으면서 성문하압이 증가된 상태에서 경직된 성대가 갑자기 이완되면 성대의 좁은 사이를 통해 공기가 나오면서 경음이 산출되는 현상이 나타난 반면, 격음에서는 여전히 성대가 외전되어 있었으며 파열 직전 성문하압이 가장 두드러지게 증가하였으나, 평음에서는 특이한 현상이 관찰되지 않았다고 하였다. Hong 등(2002)도 한국어 파열음의 성문 특징을 조사하기 위하여 한국어 파열음의 평음, 경음 및 격음을 초고속디지털 후두내시경을 이용하여 육안으로 확인한 결과, 모음이 발생되기 위한 성대진동이 있기 전의 자음을 위한 성대의 운동의 현상을 관찰하였는데, 격음에서는 성대 열림이 가장 크고 평음에서도 열림이 크지만 격음보다는 적고 경음에서는 성대의 열림이 가장 작았음을 발견하였다. 따라서, 파열음 산출 시 발생 유형에 따라 서로 다른 성문의 크기가 호기량에 영향을 줄 수 있을 것으로 보인다.

Hirose 등(1974)은 전기근전도검사(EMG)에서 한국어 파열음 산출 시 후두내근의 활동을 조사하였는데, 경음의 터짐 직전에 갑상피열근(TA: thyroarytenoid muscle)의 활동 전위가 갑작스럽게 증가하였으며, 이것은 성대의 긴장이 증가하고 파열음의 폐쇄 직후 혹은 파열음 폐쇄동안에 성문의 수축을 초래한다고 보았다. 반면에, 격음은 후두의 내전근의 모든 활동 전위가 파열음의 터짐 직후 억제된 것으로 보고하여 파열음 산출 시 이러한 후두의 내전근의 활동이 성문 크기를 조절하여 호기류율에 영향을 미칠 수 있을 것이다. 홍기환 등(1999)은 한국어 파열음 산출 시 근전도 연구에서 후두의 내전근 뿐 아니라 후두의 외전근인 후운상피열근(posterior crico-arytenoid (PCA) muscle)도 중요한 역할을 하는 것을 발견하였는데, 격음/ㅍ/이 산출되기 시작 시에 PCA근전위의 활동이 더 두드러지게 증가한 반면, 경음/ㅃ/를 산출할 때에는 PCA활동 전위가 거의 없거나 아주 미약하여 후두 내전근 뿐 아니라 후두 외전근의 활동에 의해 성문의 크기가 조절됨을 알 수 있었다. 따라서, 더 작은 성문의 크기는 성문저항을 증가시키고 그 결과 성문을 통과하는 호기류를 감소시켜 구강 기류가 감소할 수 있다.

한편, Cho et al.(2002)의 연구에서는 총 12명의 50~70대 남성을 대상으로 Ch Macquiere X16 system을 사용하여 공기역학적 분석을 위해 구강내압과 구강기류를 측정하였다. 그 결과, 구강 내압이 발생유형의 분류에 따라 영향을 받았는데, 입술 폐쇄 시 최대구강압은 경음이나 격음보다 평음에서 유의하게 가장 낮았다. 본 연구에서도 최고성문하압(RAP)과 평균성문하압(MPAP)에서 평음인 /ㅂ/에서 유의하게 가장 낮았으며, 평음/ㅂ/는 격음/ㅍ/나 경음/ㅃ/와 모두 유의한 차이를 나타내었다. 격음/ㅍ/에서 가장 성문하압이 높았으나 경음/ㅃ/와는 유의한 차이를 보이지는 않았다.

파열음 산출동안 구강내압은 성문하압, 성문저항, 성도의 벽(vocal tract wall)의 긴장도, 폐쇄구간의 길이가 영향을 줄 수 있다고 보았는데(Butcher, 2004), Dart의 연구에서는 호흡의 노력성 증가는 경음의 성문하압을 증가시켜, 경음에서 높은 구강내압을 보였고, 성문저항은 격음과 비교했을 때, 파열 전에 경음은 성대가 근접되므로 이러한 성문저항은 경음에서 낮은 구강내압을 보였다. 그러나 격음과 경음의 성문하압이 큰 차이가 없는 것으로 보아, 경음의 성문하압이 격음보다 높은 것으로 추측하였다(Dart, 1987). 본 연구에서도 선행 연구와 마찬가지로 성문저항은 경음/ㅃ/에서 가장 유의하게 높았고, /ㅍ/, /ㅂ/순으로 /ㅃ/는 /ㅍ/와 /ㅂ/ 간에 모두 유의한 차이를 나타내었으나, /ㅍ/와 /ㅂ/간에는 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한, 성문저항은 평균성문하압 / 표적호기류율의 비로 본 연구에서도 성문하압은 /ㅍ/가 가장 높았으나, /ㅃ/와 유의한 차이가 없었고, 표적호기류율은 /ㅃ/에서 가장 유의하게 낮았으므로 결국 발생 유형에 따른 성문저항은 호기류율의 차이로 결정된 것을 알 수 있었다.

Cho & Keating (2001)은 격음과 경음이 평음에 비해 더 긴 폐쇄 길이를 가지므로 이러한 요소들이 긴장성이나 기식성에서 더 높은 구강압을 가지게 하는 것으로 예측하였다. 또한, 성도벽이 평음에 비해 경음에서 비교적 더 긴장성이 증가하므로 경음이 평음보다 높은 구강압을 가지는 것으로 보았다. Lee & Smith (1972)의 한국어 파열음의 발생 유형에 따른 구강압과 성문하압 측정 연구에서도 격음이 경음이나 평음보다 구강압과 성문하압이 모두 높게 나타났으며, 성문하압의 기울기를 측정된 결과, 파열음 완전개방 바로 직전에 격음에서 가장 급속히 성문하압이 증가함을 발견하였다.

본 연구 결과, 15개의 VOFE과제 중 RANP를 제외한 모든 14개의 변수들이 한국어의 세 자음을 구별해 주는 중요한 공기역학적 변수였다. 특히, 음압과 기류와 성문저항은 경음/ㅁ/를 격음/ㅍ/ 평음/ㅂ/와 구분하는 중요한 공기역학적 특성이었으며, 음도와 성문하압은 평음/ㅂ/를 경음/ㅁ/ 격음/ㅍ/와 구분해 주는 중요한 특징이었다.

마지막으로 공기역학효율은 경음/ㅁ/가 가장 높았는데, 경음/ㅁ/는 평음/ㅂ/ 및 격음/ㅍ/와 모두 유의한 차이를 보였고, 평음/ㅂ/와 격음/ㅍ/간에도 유의한 차이를 보여 공기역학효율은 모든 발생유형을 구분 짓는 중요한 공기역학적 측정변수였다. 본 연구를 통하여 한국어 파열음의 발생 유형은 조음 및 호흡, 발생기관의 협응에 의한 산출 기전에 의해 공기역학적 특징에 영향을 주는 것으로 보인다.

본 연구의 제한점으로는 정상 청년층 63명의 제한된 수로 다양한 연령층을 대상으로 실시하지 못하였으나, 최근 임상에서 가장 많이 상용화되어 사용되는 공기역학검사기기인 PAS를 사용하여 한국어 파열음의 발생 유형에 따른 공기역학적 특징을 살펴보았다는 데 매우 의의가 있다. 본 결과를 통해서 이러한 공기역학적 특징이 한국어 파열음의 조음 및 발생 특성을 구분함으로써 조음 치료나 청각장애인의 말지각 훈련에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 보인다. 아울러, 발생 유형에 따른 파열음 자극어에 따라 음도, 음압, 성문하압, 기류 측정치, 연합 측정치의 15개의 측정치 중 RANP를 제외한 모든 변수들에서 유의한 차이를 보였으므로 임상 현장에서 공기역학검사를 실시할 때 파열음의 발생 유형에 따라 측정치가 달라질 수 있음을 시사하였다. 따라서, 음성장애 환자를 대상으로 무엇보다 정확하고 타당하며 신뢰성이 높은 공기역학검사가 이루어지기 위해서는 검사 시에 정확한 기식성 파열음을 유도하여 측정치를 얻어내는 것이 필요하였다.

### 감사의 글

이 논문은 본 연구는 2014년 대구가톨릭대학교 교내 연구비 지원을 받아 수행되었습니다.

### 참고 문헌

- Butcher, A.(2004). 'Fortis/lenis' revisited one more time: the aerodynamics of some oral stop contrasts in three continents. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 18(6-8), 547-57.
- Cho, T. Jun, S.A., & Ladefoged, P. (2002). Acoustic and aerodynamic correlates of Korean stops. *Journal of Phonetics*, 30, 193-228.
- Cho, T. & Keating, P. (2001). Articulatory and acoustic studies of domain-initial strengthening in Korean, *Journal of Phonetics*, 29(2), 155-190.
- Dart, S. N. (1987). An aerodynamic study of Korean stop consonants : measurements and modeling, *Journal of the Acoustical Society of America*, 81(1), 138-147.
- Han, M.S. & Weitzman, R. S. (1970). Acoustic features of Korean /P, T, K/, /p, t, k/, /p<sup>h</sup>, t<sup>h</sup>, k<sup>h</sup>/. *Phonetica*, 22, 112-128.
- Hardcastle, W. J. (1973). Some observations of the tense-lax distinction in initial stops in Korean, *Journal of Phonetics*, 1, 263-271.
- Hirose, H., Lee, C. Y., & Ushijima, T. (1974). Laryngeal control in Korean stop production, *Journal of Phonetics*, 2, 145-152.
- Hong, K.H., Kim, H.K., & Niimi, S.(2002). Laryngeal gestures during stop production using high-speed digital images. *Journal of Voice*, 16(2), 207-214.
- Hong, K.H., Jun, D. S., Kim, M. J., Jung K. Y., & Kim, Y. K. (1991). Laryngeal adjustments for the Korean stops and fricatives. *Korean Journal of Otolaryngology*, 34(5), 1008-1017. (홍기환, 전동석, 김미정, 정길양, 김영기(1991). 한국어 파열음 및 마찰음에 대한 후두근의 역할. *대한이비인후과학회지*, 34(5), 1008-1017.)
- Kagaya, R. (1974). A fiberoptic and acoustic study of the Korean stops, affricates and fricatives, *Journal of Phonetics*, 2, 161-180.
- Kim, J. (2014). Korean Adult Normative Data for the KayPENTAX Phonatory Aerodynamic System Model 6600. *Journal of the Korean Society of Speech Sciences*, 6(1), 105-117. (김재욱(2014). 한국 성인의 공기역학적 변수들의 정상치. *말소리와 음성과학*, 6(1), 105-117.)
- Kohler, K. J. (1984). Phonetic explanation in phonology: the feature fortis/lenis. *Phonetica*, 41(3), 150-74.
- Kohler, K. J. (1982). F0 in the production of lenis and fortis plosives. *Phonetica*, 39(4-5), 199-218.
- Lee, C.Y., & Smith, T. S. (1972). Oral and direct subglottal pressure in Korean stops. *Journal of the Acoustical Society of America*, 51, S102.
- Lee, K. H., & Jung M. S. (2000). Acoustic characteristics and



- perceptual cues for Korean stops. *Speech Sciences*, 7(2), 139-155.
- (이경희 & 정명숙(2000). 한국어 파열음의 음향학적 특성과 지각단서. *음성과학*, 7(2), 139-155.)
- Pae, J. Y., Shin, J., & Ko, D. H. (1999). Some acoustic aspects of Korean stops in various utterance positions: focusing on their temporal characteristics. *Speech Sciences*, 5(2), 139-159.
- (배재연, 신지영, 고도홍(1999). 음성 환경에 따른 한국어 폐쇄음의 음향적 특성: 시간적 특성을 중심으로. *음성과학*, 5(2), 139-159.)
- Park, S. H., Jung, O. R., & Seok, D. I. (2001). The validity analysis between measurement method of subglottic air pressure, *Speech Sciences*, 8(3), 201-208.
- (박상희, 정옥란, 석동일(2001). 성문하압 측정 방법의 타당도 분석. *음성과학*, 8, 201-208.)
- Pyo, H. Y., & Choi, H. S. (1996). The Study on intraoral pressure, closure duration, and VOT during phonation of Korean bilabial stop consonants. *The Journal of the Korean Society of Logopedics and Phoniatics*, 7(1), 50-55.
- (표화영, 최홍식(1996). 한국어 양순파열음 발음 시 구강내압과 폐쇄기, VOT에 대한 연구, 대한후두음성언어의학회지, 7(1), 50-55.)
- Umeda, H. & Umeda, N. (1985). Acoustical features of Korean "forced" consonants. Gengo Kenkyu. *Journal of Linguistics Society of Japan*, 48, 23-33.
- Zraick, R. I. & Smith-Olinde, L., & Shotts, L. L. (2011). Adult normative data for the KayPENTAX Phonatory Aerodynamic System Model 6600. *Journal of Voice*, 26(2), 164-176.

- **최성희(Choi, Seong Hee), 제 1저자**  
 대구가톨릭대학교 언어청각치료학과  
 Tel: 053-850-2542 Fax: 053-850-2540  
 Email: shgrace@cu.ac.kr  
 관심분야: 음성장애, 신경말장애, 삼킴장애  
 2011~ 현재 언어청각치료학과 교수
- **최철희(Choi, Chul-Hee), 교신저자**  
 대구가톨릭대학교 언어청각치료학과  
 Tel: 053-850-2541 Fax: 053-850-2540  
 Email: cchoi@cu.ac.kr  
 관심분야: 청각학, 난청, 신경 및 뇌과학  
 2010~ 현재 언어청각치료학과 교수