

## 인두피판술 전·후의 공명파라미터의 비교: 예비연구

### A Comparison of Resonance Parameters before and after Pharyngeal Flap Surgery: A Preliminary Report

강 영 애<sup>1)</sup> · 강 낙 현<sup>2)</sup> · 이 태 용<sup>3)</sup> · 성 철 재<sup>4)</sup>

Kang, Youngae · Kang, Nakheon · Lee Taeyong · Seong, Cheoljae

#### ABSTRACT

Pharyngeal flap surgery changes the space and shape of the oral cavity and vocal tract, and these changing conditions bring resonance change. The purpose of this study was to determine the most reliable and valuable parameters for evaluating hypernasality to distinguish two patients before and after pharyngeal flap surgery. Each patient was asked to clearly speak the vowels /a/, /i/, /u/, /e/, /o/ for voice recording. There were nine parameters: Formant (F1, F2, F3), Bandwidth (BW1, BW2, BW3), LPC energy slope ( $\Delta |A2-A1/F2-F1|$ ), and Band Energy (0-500 Hz, 500-1000 Hz) by each vowel. From the results of discrimination analyses on acoustic parameters, the vowels /a/, /e/ appeared to be insignificant but vowels /i/, /u/, /o/ appeared to be efficient in the separation. A 95%, 100%, and 100% recognition score could be reached when vowels /i/, /u/, and /o/ were analyzed. The results showed that F2, BW3, and LPC slope are more important parameters than the others. Finally, there is a relation between perceptual evaluation score and LPC energy slope of acoustic parameters by least square slope.

**Keywords:** Cleft palate, pharyngeal flap surgery, LPC energy slope, discrimination analysis, perceptual evaluation

#### 1. 서 론

구개열은 얼굴에서 가장 흔한 선천성 기형의 하나로 단순히 피부조직이 결손 되어 없는 상태만이 아니라, 근육, 연골, 골에 이르는 총체적인 변형을 야기한다. 구개는 절치공(incisive foramen)을 중심으로 그 전방을 일차성구개(primary palate), 후방을 이차성구개(secondary palate) 혹은 구개라고 부른다[1].

구개는 구강의 천장을 이루는 동시에 비강의 바닥을 담당하며 앞부분은 골조직인 경구개와 뒷부분은 근조직인 연구개로 이루어졌다. 구개에 존재하는 근육은 6개로 구개범장근(tensor veli palatini m.), 구개범거근(levator veli palatini m.), 구개인두근

(palatopharyngeal m.), 구개설근(palatoglossal m.), 구개수근(uvular m.) 그리고 상인두수축근(superior pharyngeal constrictor m.)이다. 이 중 조음, 흡인, 삼킴, 호기, 저작에 관여하는 것으로 깊이가 관여하는 근육으로는 구개범거근, 구개인두근, 상인두수축근을 말할 수 있다. 또한 이 근육들은 비강과 구강을 열고 막는 통로를 비인강문(velopharyngeal port, VP port)의 폐쇄를 담당하는 주요한 괄약근이다[2].

구개범거근의 후속은 측두골의 추체부(petrous part), 전속은 이관연골(cartilage of auditory tube)의 내하방으로 나오는 원기 등 상태의 근육으로서 양측의 근이 삼각진 형태로 연구개를 뒤쪽으로 상승 및 수축시켜 결과적으로 연구개를 상방으로 끌어 올리는 기능을 한다. 구개인두근은 구개건막(palatodinous membrane)의 상면에서 기시하여 후외측하방으로 뻗어 구개인두궁(palatopharyngeal arch)을 형성하며 구개인두근이 수축하면 연구개가 후하방으로 내려온다. 상인두수축근은 인두 상부의 측벽에서부터 후벽에 걸쳐 인두를 에워싸는 근육이며, 수축시 인두강이 좁혀진다[1],[3].

비인강폐쇄부전(velopharyngeal insufficiency, VPI)은 연구개와

1) 충남대학교 redoffice1@yahoo.co.kr

2) 충남대학교 nhk488@cnu.ac.kr

3) 충남대학교 ttleee@cnu.ac.kr

4) 충남대학교 cjseong@cnu.ac.kr, 교신저자

접수일자: 2009년 8월 5일

수정일자: 2009년 9월 23일

게재결정: 2009년 9월 25일

인두벽의 기능이 부족하여 구강과 비강의 통로가 정확히 분리 되지 않는 문제이며, 원인으로서는 구개범인두조임근(velopharyngeal sphincter)인 구개열, 선천적 연구(congenital soft palate), 신경 근육 장애(neuromuscular disorder), 외상 등을 들 수 있다 [4]. VPI로 인해 조음시 구강압 혹은 비강압 형성을 적절히 배 분되지 못하게 된다.

VPI로 인한 공명장애의 의학적 처치로는 인두후벽에 경(pedicle)을 둔 피관(flaps)을 만들어 비인강부의 협소화를 피하는 인두피관술(pharyngeal flap surgery)이 있다. 인두피관술의 세부 기법에는 피관을 위로 두는 상경법(superior-based pharyngeal flap)과 아래로 하는 하경법(inferior-based pharyngeal flap)이 있으나 호흡을 고려하여 현재 상경법이 주로 시행되고 있다[3].

구순 구개열 아동은 일반적으로 생후 10주 정도의 구순열 성형수술을 시작으로 악골 발육이 끝나는 17세 이후까지 여러 차례의 구개 관련 수술과 언어 평가 및 치료를 받는다. 구개열 아동이 구개열 수술과 인두피관술까지 받게 되면 이론적으로는 정상 조음을 위한 해부학적 구조를 갖추게 된다. 하지만 정상적 발성을 위해 이런 해부학적인 구조의 변형을 실시한다고 하더라도 현실적으로 공명도에 대한 평가는 고가의 장비에 의존하든가 언어치료사마다 통일된 시안이 부족한 형편으로 임상에서 평가자의 귀에 의존하는 청지각 척도만 평가를 하여 장애 등급을 결정하는 사례가 많다.

정상아동일지라도 비성이 많이 나는 현상은 일반적으로 관찰되고 있는 것이며 이런 일반적인 현상에 비추어 볼 때 구개열 아동은 청지각적 판단만으로 평가하는 것은 한계가 있다고 할 수 있다. 또한, 저렴한 음향분석 프로그램을 이용한 분석시 현재 비음도 측정을 위한 파라미터로 선호되는 포먼트 대역(bandwidth)은 측정할 때마다 넓은 편차 값을 가진다는 단점이 있다. 따라서 여러 번 발생한 것을 평균값으로 처리하면 수술 전후의 차이를 없애는 경향이 있고 정상군과 환자군의 차이를 좁히는 결과를 도출한다[5].

많은 선행연구에서 소개된 X선 이용 비강공명현상을 연구개 기능과 더불어 관찰하는 연구와 근전도를 이용한 구개범거근의 연구개 폐쇄에 작용하는 연구 등은 과비음의 생리적 원인을 밝혀 과비음의 원인을 찾을 수는 있지만 과비음의 정도를 규명하는 데에는 한계가 있다. 따라서 보완적 방법으로 음향학적인 방법에 의한 언어 병리적 접근이 꼭 필요한 연구방법으로 평가되고 있다[6]. 청지각적 판단은 사람이 공감하는 객관적 잣대로 사용하기에는 평가자의 주관적 요소를 배제하는데 한계가 있다. 언어병리학이 가지는 응용 학문적인 특성상 다른 분야와의 의사소통이 중요하다. 그러므로 언어병리학자들 사이에서 공유하는 청지각적 평가를 다른 분야의 전문가들과도 상호 유기적으로 공유해야 하는 필요성이 있다. 따라서 모든 분야의 전문가들이 접근하고 공유할 수 있는 객관적 도구가 필요하다. 이에 본 연구는 이런 도구 개발의 예비 연구를 목적으로, 구개열 병

력을 가지고 있으며 공명장애로 인하여 인두피관술을 받은 환자를 대상으로 과대비음화에 대한 청지각적 평가와 더불어 이를 객관화 시킬 수 있는 음향학적 파라미터 개발을 위한 파라미터 선별을 하고자 한다.

## 2. 선행 연구

구개열 아동의 비모음화 현상은 음향학적인 접근, 전기 생리 학적인 접근, 공기역학적 접근등을 통해서 연구될 수 있다. 본 연구에서는 음향학적인 접근을 선택하였으므로 비음화의 음향학적 접근을 다룬 선행연구를 주로 살펴보고자 한다. 선행연구 전반부는 비음과 비음화 접근의 연구이고 후반부는 공명장애 접근에 관련된 연구이다.

[7]은 비모음화에 대한 논의에서 연구개 개방 시 모음에 가해지는 효과는 구강의 필터 곡선에 변화를 주며 이는 비음화 과정을 통해서 모음에 미치는 효과로 F1이 비음화되기 전에 비해 더 넓어지고(broader) 둔하게(less peaked) 나타나는 것이라고 하였다. 이는 비강통로로 빠져나가는 에너지 손실로 포먼트 공명 감쇠(damping)가 발생하기 때문이다. F1 이하의 낮은 주파수 대역에서 나타나는 zero(반공명)는 F1의 모습을 정상적인 모음에 비해 고주파로 나타나게 하며 진폭을 감소시키고 이 영역의 F1을 보다 높은 주파수, 대략 50~100 Hz 위치로 옮기는 효과를 가지며 또한 비강 짝짓기(nasal coupling)의 결과로 만들어지는 zero는 F2와 F3 영역에서도 나타날 수 있고 종종 포먼트의 모습을 둔하게 또는 평평하게(flatten) 한다고 기술하였다.

[8]은 각 비음에 따라 포먼트와 반포먼트(antiformant)의 분포가 다른 점 즉, 비음의 스펙트럼 에너지 분포가 상이하다는 것을 기초로 하여 주파수 영역에서 포먼트와 반포먼트의 주파수, 주파수의 에너지, 그리고 스펙트럼에서의 에너지 분포를 확인 하는 기율기로 비음을 구하는 매개변수로 활용하고자 장구간 평균 스펙트럼(Long Term Average Spectrum, LTAS)을 이용하였다. K-Kwon PBS(Phonetically Balanced Sentences) 데이터에서 피험자 20명(남 9, 여 11)으로 분절음/ㄴ/(초성, 종성), /ㄹ/(초성, 종성), /ㅇ/(종성)에 위치한 비음을 선택하였으며 결과로는 성별 구분 없이 비음 전체를 대상으로 할 경우 초성/ㄱ, ㄴ/은 zeroENG(1,500~2,200 Hz, 에너지 총량), 종성/ㄱ, ㄴ, ㅇ/은 peak1\_a(0~4,000 Hz, 에너지 최대값), peak2\_f(4,000 ~8,000 Hz, 최대 에너지를 보이는 주파수 값), peak2\_a(4,000~ 8,000 Hz, 에너지 최대값), zeroENG(1,500~2,200 Hz, 에너지 총량)가 음향적 구분을 할 수 있는 매개변수라는 결과를 얻었다.

[9]는 비음과 유성 평음의 차이에 초점을 맞추어 비강의 특성을 확인하고자, 조음위치가 같은 유성음으로 실현된 평음과 비음의 스펙트럼상의 특성을 구하고 비음의 LPC(linear prediction coefficient) 스펙트럼에서 평음의 LPC 스펙트럼을 뺀 값을 이용하여 비강 성도 특성의 스펙트럼 추출방법을 적용하였다. 남성

3명을 대상으로 /paNCa/(NC=/mp, nt, nk/)형태의 토큰(token)을 읽고 『밤바, 반다, 방가』를 각각 10개씩 분석한 결과 토큰 간, 조음위치 간 상당한 차이를 보였으나 화자 간 차이는 없었다. 이는 추출한 구간이 안정구간이라도 비음도 변이와 연구개 유성 평음의 음성신호의 변이가 크며 이런 변화는 연구결과에 영향을 준다고 하였다.

[10]은 모음의 특성으로 나타나는 F1의 진폭과 비음화로 인해 나타나는 최대 진폭의 차이, 즉 A1-P1 파라미터를 가지고 영어와 프랑스어에서 [비음+모음+비음]과 [과열 자음+모음+과열 자음] 조건에서 나타나는 비음화된 모음의 음향적 상관을 연구하였다. 영어 구강 모음과 비음화된 모음에서 측정된  $\Delta|A1-P1|$  평균은 10~15 dB, 프랑스어에서는 9~12 dB까지 분포하였다. 또한 영어에서  $\Delta|A1-P0|$  평균은 6~8 dB, 프랑스어에서는 3~9 dB의 값을 가졌다. 모음과 비음화된 모음 그리고 비음과 비음화된 모음 등에서 영어 모음이 불어 모음보다 더 넓은 범위를 가지는 원인은 영어에서는 고저모음이 있는 반면에 불어는 고저모음이 없기 때문으로 보았다. 또한 영어 모음의 비음화는 문맥(context)으로부터 영향을 많이 받지만 불어 모음의 비음화는 비인강 크기(velopharyngeal opening size)의 변화(variation)가 주요인이라고 하였다.

[11]은 새로운 파라미터를 선별하는 예비연구로 청지각 평가로 과대비음이 확인된 정상군 17명과 환자군 16명을 대상으로 하여 청지각적 과대비음의 원인을 음향학적 접근에서 알아보고자 요인분석을 실시하였다. 결과로는 제 1 포먼트(F1)와 제 2 포먼트(F2)사이의 1/3 옥타브 파워 스펙트라(the one-third octave power spectra)의 강도 증가가 나타났고, 청지각 평가로 과대비성인 발화에서 F2와 제 3 포먼트(F3)의 강도 수준(power level) 감소를 확인하였고 다중회귀 분석(multiple regression analysis) 방식으로 음향적 파워 수준과 과대비음의 청지각 사이의 높은 상관관계를 검증하였다.

[5]는 점막하구개열 환자(남 5, 여 5, 평균 연령 8.3), 일반 구개열 환자(남 5, 여 5, 평균연령 4.6), 정상 대조군(남 10, 평균연령 5.2) 각 10명을 대상으로 공명파라미터의 집단 간 차이를 연구하였다. 평가문항으로는 단모음 수준의 5개 모음(/아, 이, 에, 오, 우/)를 발성하게 하였고 분석 파라미터로는 포먼트(F1, F2, F3)와 포먼트 대역(BW1, BW2, BW3)을 선택하였다. 각 모음별 48~50회 반복 측정하여 평균값을 사용하였다고 밝혔다. 모음/아/, /이/, /에/에서는 환자군과 대조군의 차이를 보이지 않았으나 모음/오/, /우/에서는 큰 차이를 보였고 점막하구개열 환자군의 수술 후 포먼트 값이 완전 구개열 환자군과 유사하게 수술 전보다 감소하였고 포먼트 대역 값은 점막하, 완전 구개열, 대조군 간에 유의미한 차이가 없다고 하였다.

[12]는 구개열 환자 15명(남 12, 여 3)과 정상아동 20명(남 15, 여 5)을 대상으로 13개 자음(/ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ, ㅁ, ㅂ, ㅅ, ㅈ, ㅊ, ㅋ, ㆁ/)에 /ㅈ/모음을 결합한 발음과 7개 모음(/ㅏ,

ㅑ, ㅓ, ㅕ, ㅡ, ㅣ, ㅞ/)의 포먼트와 포먼트 비율(F2/F1)을 측정하였다. /ㄱ/, /ㅈ/에서 환자군 F1이 정상군보다 낮았지만 다른 음의 F1은 환자군에서 더 높았다. 환자군 모음/ㅓ/의 포먼트 비율이 정상군보다 컸지만, /ㅕ/를 제외한 모든 음에서는 낮았다. 환자군 모음/ㅓ/ 포먼트 비율이 더 높은 이유는 F2가 F1에 비해 상대적으로 높은 수치를 가지고 있으며 모음/ㅓ/가 후설모음이지만 입술근육의 수축에 의해 헛등(dorsum)이 경구개상방으로 이동하면서 개구도가 좁아지는 폐쇄모음이기 때문이다.

[13]은 구개열 환자 9명(남 4, 여 5)과 정상인 14명(남 7, 여 7)을 대상으로 측면두부방사선 계측사진을 통해 비인두강을 생리 해부학적으로 분석하여 얻은 자료와 나조메타(nasometer)로 과비음정도를 평가한 자료 간의 비교를 하였다. 또한, 세부적으로 비인강폐쇄부전과 연관성이 있는 Anatomic VPI와 비음치(nasalance score)를 비교 분석하였다. 측면두부방사선 계측사진 결과에 따르면 연구개 길이, 연구개 두께, 비인강 깊이, 비인강 면적, 접합 비율(adequate ratio)은 집단 간 유의한 차이를 보였으며 나조메타 분석결과에서는 모음/오/와 구강 공명음 문장, 구강 장애음 문장에서 유의미한 차이를 보고하였다. 구개열 환자군에서 비인두강의 폐쇄부전 정도를 나타내는 Anatomic VPI와 비음치 간의 상관은 없었으나, 모음/이/와 일부 구강 자음 문장에서 낮은 상관을 보고 하였다.

[14]는 구개열 수술 후 연구개-인후벽간 기능부전이 생기는 원인으로 수술시기나 술기의 부적합한 적용, 술기의 미숙, 수술 후 합병증, 수술 후 전문적이고 적절한 언어치료 부재 등을 열거하였으며 3년간 일차적 구개열 수술을 받고도 과대비음장애와 조음장애를 보이는 6세 이상의 아동 83명을 대상으로 내시경 조사와 기도공기역학적 검사를 실시하였다. 이에 연구개-인후벽 기능부전 유무, 수술시기와 기능부전 정도, 기도공기역학적면과 기능부전의 상관을 살펴보았다. 83명의 공명장애 환자 중 7명에서 연구개-인후벽간 정상기능, 76명에서 기능부전을 보였으며 이는 구개열 수술 후 비음 및 발음장애가 있다고 해서 전부 연구개-인후벽간 기능부전이 있는 것은 아님을 밝혔다. 따라서 기능부전이 존재한다고 하여 무조건 2차 수술이 적용되지 말아야 하고, 수술 시기는 3세 이전에 시행하여, 충분하고 적절한 언어치료를 시행한다면 언어기능에 좋은 효과를 기대할 것으로 판단하였다. 기도공기역학적 검사 수치와 연구개-인후벽간 기능부전 간의 상관분석에서 정도의 기능부전만이 정적상관을 보였고, 중등도 이상에서는 상관을 보이지 않았다. 따라서 2차 수술은 기능부전이 중등도 이상일 경우 적극 권하며 정도일 때는 장기간의 언어치료 수행과 지속적 평가를 통하여 2차 수술 여부를 결정하는 것이 바람직하다고 주장하였다.

[15]는 선형 예측(linear prediction)으로부터 나오는 성도 모형을 이용하여 연구개 손상군과 대조군 간의 구분할 수 있는 음성 분류파라미터 연구를 하였다. 대상자는 연구개 손상군 19명과 대조군 12명이며, 프랑스어 모음/아/, /이/, /우/에서 캡스트럼

계수(cepstral coefficient)를 이용하여 판별분석을 실시한 결과 모음/이/, /우/는 음향적 분류(acoustic ground)에 유의미한 결과를 얻었고, 두 모음을 동시에 고려하였을 때 분류 예측력이 100%임을 보고 하였다.

이상 국내외 비음화 모음 혹은 비음에 관련된 선행연구를 살펴 보았다. 비음에 대한 연구에서 공통적으로 나타나는 것은 측정치의 심한 편차를 들 수 있다. 이것은 비음이 가지고 있는 복잡한 음향 특성 때문이고, 이 특성을 적절히 나타낼 파라미터의 발굴이라는 과제를 남겨주었다. 이에 본 연구는 수술로 인해 해부학적 차이를 만든 집단 사이에, 모음의 포먼트, 포먼트 대역, LPC 에너지 기울기, 그리고 주파수 대역별 에너지 수치를 비교하여 두 집단을 판별할 수 있는 파라미터 기여도를 확인하고자 한다.

### 3. 연구 대상 및 절차

#### 3.1. 연구 대상

본 연구에 참여한 환자는 총 2명(남 1, 여 1)으로 남자 환아는 2001년 9월생으로, 임신 8개월 때 구순-구개열로 진단받았으며, 2001년 12월에 구순열 수술, 2002년 11월에 구개열 수술을 받았다. 2006년 8월 공명장애로 인한 인두피관술을 위해 내원하였다.

여자 환아는 2001년 12월생으로, 출생 시 1.75 kg으로 태어나 20일간 인큐베이터를 사용하였다고 한다. 생후 1년 때 연구개 불완전으로 1차 수술을 받았으며, 4번의 중이염치료를 받은 경험이 있으며, 공명장애로 인해 담당 언어치료사로부터 인두피관술을 권유받아 내원하였다. 1차 음성 녹음은 인두피관 수술 전에 이루어졌으며, 음성 녹음시기에 환자 나이는 모두 6세였고, 2차 녹음은 수술 후 6개월에서 1년 사이에 이루어졌다. 환자 모두 주2회의 언어치료를 수술 전부터 꾸준히 받고 있었고, 정상 지능으로 판단되었다.

#### 3.2. 연구 절차 및 분석 방법

음성 녹음과 디지털화 작업은 유선 카디오이드 단일지향성 다이내믹 마이크(Shure sm48s)를 컴퓨터에 연결하여, praat(4.4.24) 프로그램을 이용하여 22050 Hz 표본화율과 16 bit 양자화 환경에서 진행하였고, 분석은 praat(5.0.22)버전으로 이루어졌다. 각 차수마다 환자에게 5개 모음(/아, 이, 우, 예, 오/)이 적힌 종이를 보여주고 순서적으로 5번씩 발성하도록 요구하였다. 남자 환아는 스스로 읽기가 가능하였지만, 여자 환아는 읽기가 어려워 연구자가 먼저 읽어주고 따라 발성하기 형식으로 이루어졌다. 대상자 수가 적은 관계로 각 모음의 5번 수치를 평균값으로 내어 사용하지 않았고 하나의 발성을 하나의 원자료(raw data)로 삼고 분석하였으며 여자 환아의 조음이 목표음과 차이가 크면 결측값으로 처리하여 분석에서 제외시켰다.

#### 3.2.1. 청지각적 평가 및 분석 방법

환자 음성의 과대비성을 귀로 듣고 점수화하기 위하여, 언어병리학을 전공하는 전공자군 5명과 언어병리학 혹은 음성학을 전공하지 않은 비전공자군 5명으로 이루어진 청지각 평가단을 10명(남: 3, 여: 7, 평균연령: 36.7세)으로 구성하였다. 평가는 크게 두 가지 문항으로 구성하였다<부록 1>. 첫 번째 문항은 5개 모음을 연속적으로 들려주고 비성 유무를 표시하게 하였으며, 두 번째 문항은 각 모음의 수술 전후 음성 한 쌍씩을 들려주고 각 모음의 비성 정도를 각각 표시하도록 요구하였다. 음성의 순서가 비성 판단에 영향을 줄 것을 감안하여 무작위로 수술 전후 모음을 짝지었으며 또한 청지각 평가단에게도 구개열 아동의 음성이라는 힌트 외 어느 음성이 수술 전후의 것인지 사전에 알려주지 않았다. 전체 음성은 2번씩 재생하였으며, 평가단의 반복 요청 시 다시 들려주었다. 첫 번째 문항은 사전훈련으로 간주하고 점수에 반영하지 않았다. 본 연구에 적용한 것은 수술 전후의 음성에 대한 두 번째 문항 반응으로 비성의 유무 척도를 『많음-적음-없음』으로 구성하였다(많음=3점, 적음=2점, 없음=1점). 두 번째 문항의 음성 쌍은 5개 모음 당 수술 전후의 10개 음성파일이므로 5X10쌍이다. 음향 분석에 사용한 모든 모음을 청지각 평가로 점수화하였다.

#### 3.2.2. 음향적 평가 및 분석 방법

본 연구의 파라미터는 선행연구에서 이미 많이 다루어진 조음 파라미터인 포먼트 F1, F2, F3, 그리고 거기에 따른 포먼트 대역 BW1, BW2, BW3을 우선적으로 선정하였다. 그리고 에너지의 분포 및 반포먼트의 영향 등을 고려하여 F1-F2 수준에서의 LPC 에너지 기울기와 밴드별 에너지를 선정하였다. 이 창의적인 두 가지 파라미터가 포먼트 관련 파라미터들과 비교하여 공명 파라미터로 활용이 가능한지 살펴볼 것이다. 분석 파라미터는 <표 1>에 제시하였다.

포먼트는 praat objects 창에 추출된 사운드 파일을 11,000 Hz로 다운샘플링(downsampling) 후 5,500 Hz 나이퀴스트 주파수(Nyquist frequency)에서 5개를 추출하였고(window length = 25msec, Burg method) 이 중에서 3개를 선정하였다.

F1과 F2 사이의 LPC 에너지 기울기<sup>2)</sup> 또한, 언급한 포먼트 수치와 동일조건을 형성할 수 있게 하기 위해 sound object를 11,000 Hz로 다운샘플링하였다. 다운샘플링 된 파일을 prediction order 12인 LPC(burg)로 만들고 praat 메뉴의 [Spectrum(slice)], [Spectrum Tier(peaks)] 과정을 거쳐 포먼트 값과 에너지 값을 구하였다. LPC 에너지 기울기를 파라미터로 선정한 이유는 스펙트럼의 x축에서 결정되는 포먼트 주파수 값들의 차이, 그리고

2) LPC 에너지 기울기 공식은  $\Delta | A2-A1/F2-F1 |$  으로 A2에서 A1을 뺀 수치를 F2에서 F1을 뺀 수치로 나눈 후 절대값 처리를 한 것이다.

표 1. 분석 파라미터  
Table 1. information of parameters

수준	5개 모음별(/아, 이, 우, 에, 오/) 파라미터 정리
기존 조음 파라미터	F1, F2, F3 BW1, BW2, BW3,
에너지 분포와 반포먼트를 고려한 파라미터	LPC 에너지 기울기 (= $\Delta  A2-A1/F2-F1 $ ) Band Energy[0~500 Hz] Band Energy[500~1000 Hz]

F: formant, BW: bandwidth, A: amplitude

스펙트럼의 y축에서 결정되는 에너지의 차이, 이 두 개의 개체가 동시에 2차원적으로 고려될 수 있는 변수는 기울기 밖에 없기 때문이다. 그리고 첫 번째 조화음(H1)과 포먼트 값들의 차를 이용한 선행연구들의 파라미터들에 비해 구하기가 좀 더 쉽다는 이유에서이다. 일반적으로 tilt로 알려져있는 성문파형의 음(-)의 기울기는 그 절대값이 작을수록 고주파 쪽의 에너지가 강화된 발성으로 해석한다. 성문파형 소스와 성도 필터가 결합된 함수로 나타나는 LPC 또한 이러한 개념으로 해석할 수 있으므로 기울기값의 절대값이 작을수록 고주파 쪽을 원활하게 발생하고 조음하였다고 해석할 수 있다.

단일 튜브(uni-tube) 모형에서 인후강과 비강을 단면적이 일정한 관으로 모델링하였을 때 비강 성도(성문 ↔ 콧구멍)의 공명주파수는 약 400, 1220, 2030 Hz이다. 이론적으로 목젓에서 콧구멍 사이의 길이를 약 12.5cm로 가정한다면 비강의 최저 공명주파수는 약 680 Hz가 된다. 비모음(nasalized vowel)의 경우 목젓에서 콧구멍까지의 비강 공명이 반포먼트(antiformant)가 되므로 비모음이 생성될 경우, 우리 성도를 단일 튜브로 고려한다면 680 Hz 주변 영역의 에너지가 약화되리라는 가정을 할 수 있다[16].

하지만 인간의 성도는 단순한 단일 튜브라고 할 수 없고 수많은 부비동으로 이루어진 복잡한 구조물이므로 위의 비강 공명과 반포먼트 주파수를 고려한다면 대략 500 Hz 이하 대역에서는 포먼트 값이 증가하고, 500 Hz 이상 대역에서는 감소를 한다는 가정을 세워볼 수 있다. 구개열 아동이 모음 발생 시 과대공명이 되어 비음화되었다는 것은 반공명이 생기는 것이므로 본 연구에서는 500 Hz 대역을 기준으로 0에서 500 Hz 영역과 500에서 1000 Hz 영역으로 나누어 대역별 에너지를 살펴보고자 하였다. 이에 따라 밴드 대역별 에너지 수치는 모음 안정구간을 두 가지(0~500 Hz, 500~1000 Hz) 밴드 패스 필터(pass Han band)로 추출한 뒤 Band Energy[0~500 Hz]와 Band Energy [500~1000 Hz]를 구하였다.

통계는 SPSS 12.0을 이용하여, 남녀 환자를 묶어 수술 전과 후인 두 집단을 종속변수, 분석 파라미터를 독립변수인 판별 분석(discrimination analysis)을 실시하였다.

판별분석은 각 파라미터 간의 차이를 가장 잘 나타내는 판별변인들을 통계적 검정과정을 거쳐 유의미한 변인을 찾아낼 수 있다는 장점이 있다. 판별분석을 통하여 각 파라미터가 종속변수에 미치는 영향의 정도를 상호 비교 할 수 있으며, 새로운 사례가 등장할 때 어느 집단에 포함되는가를 분류해 준다. 또한 이 과정에서 얼마나 정확한 판별력을 가지는지도 알 수 있다[17].

판별함수를 구하는 방식에는 단계(stepwise) 방식과 입력(enter)방식이 있다. 일반적으로 연구자가 통계적으로 유의미한 판별변인을 찾고자 할 때 단계 방식이 유용하지만 본 연구에서는 입력 방식을 선택하였다. 이유는 단계 방식으로 분석할 경우 원자료의 각 파라미터 수치들이 밀접하게 모여 중첩되는 현상 때문에 모음/아/와 /에/에서 분석에 포함될 변수를 찾지 못하였기 때문이다. 그러나 모음/이/는 F2, BW1 파라미터가 분석에 포함되었으며, 90% 정도의 높은 예측력(wilks 람다=0.419, x2=14.801, p=0.001)을 가졌다. 모음/우/는 BW3 파라미터가 분석에 포함되었고, 76.9% 예측력(wilks 람다=0.609, x2=5.212, p=0.022)을 보였다. 모음/오/는 F2 파라미터가 분석에 포함되었으며 68.4% 예측력(wilks 람다=0.726, x2=5.276 p=0.022)을 보였다. 본 연구에서는 5개 모음 모두를 분석하기 위하여 단계 방식을 포기하고 입력 방식을 채택하였다. 입력 방식의 분석 초점은 모음별 9개 파라미터를 동일 선상에서 놓고 판별 함수에 영향을 주는 변수들의 상관 정도를 확인하는 것이다. 판별분석의 성패는 선정된 파라미터가 얼마나 적절인가에 따라 결정된다.

### 4. 연구 결과

#### 4.1. 모음별 분류 결과

##### 4.1.1 모음/아/ 분류 결과

청지각 평가로 수술 전에 비해 수술 후 과대비성으로 지각하는 정도가 감소하였다. 수술 전 비성 『맑음』에 응답한 비율이 46%에 달하였으나, 수술 후 11%로 줄었다<그림 1>. 하지만 음향적 파라미터 분석으로 모음/아/ 관련 9개 파라미터를 동시에 분석하였을 때, 윌크스 람다값은 0.654이고, 카이 제곱값은 자유도 9에서 5.742이고, 유의확률은 0.765이기 때문에 통계적으로 유의미하지 않았다.

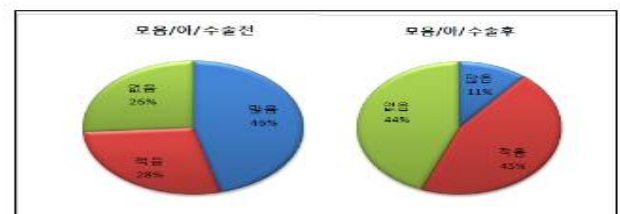


그림 1. 모음/아/ 수술 전후 청지각 평가 비율  
Figure 1. Perceptual evaluation ratio of vowel/a/

4.1.2 모음/이/ 분류 결과

청지각 평가로는 수술 전에 비해 수술 후 과대비성으로 지각하는 정도가 감소하였다<그림 2>. 음향적 파라미터 분석으로 9개 파라미터를 동시에 분석하였을 때, 윌크스 램다값은 0.265이고, 카이 제곱값은 자유도 9에서 17.922이고, 유의확률은 0.036이기 때문에 통계적으로 유의미하였다. 판별함수로 소속 집단을 예측한 결과 9명(90%)이 정확하게 예측하였지만 1명(10%)은 잘못 예측하였다. 소속집단을 예측한 결과가 일반적으로 85%가 넘으면 분류 결과가 높다고 할 수 있다. 따라서 모음/이/의 분류정확도 95.5%는 신뢰성이 매우 높다.

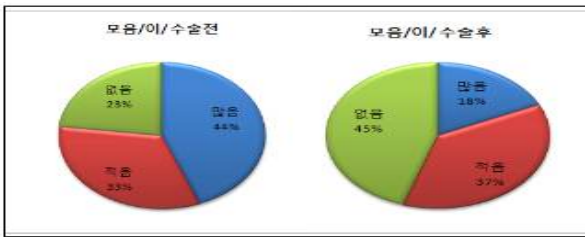


그림 2. 모음/이/의 수술전후 청지각 평가 비율  
Figure 2. Perceptual evaluation ratio of vowel /i/

표 2. 모음/이/ 분류 결과표  
Table 2. Classification results of /i/ vowel

	토큰 수	예측 소속집단	
		수술 전	수술 후
수술 전	10	10(100%)	0(0%)
수술 후	10	1(10%)	9(90%)

원래의 집단 케이스 중 95.5%가 올바르게 분류되었음

4.1.3 모음/우/ 분류 결과

청지각 평가로 수술 전에 비해 수술 후 과대비성으로 지각하는 정도가 감소하였다<그림 3>. 9개 파라미터를 동시에 분석하였을 때, 윌크스 램다값은 0.065이고, 카이 제곱값은 자유도 9에서 17.774이고, 유의확률은 0.038이기 때문에 통계적으로 유의미하였다. 앞에서 언급했듯이 여자 환자의 오조음으로 인하여 모음/우/의 결측값이 있으며 이것은 분석에서 제외하여 수술 전후의 토큰 수는 각각 7과 6이다. 모음/우/의 분류정확도는 100%로 신뢰성이 매우 높다<표 3>.

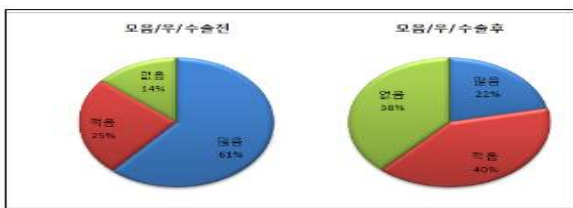


그림 3. 모음/우/의 수술전후 청지각 평가 비율  
Figure 3. Perceptual evaluation ratio of vowel /u/

표 3. 모음/우/ 분류 결과표  
Table 3. Classification results of /u/ vowel

	토큰 수	예측 소속집단	
		수술 전	수술 후
수술 전	7	7(100%)	0(0%)
수술 후	6	0(0%)	6(100%)

원래의 집단 케이스 중 100%가 올바르게 분류되었음

4.1.4 모음/에/ 분류 결과

모음/에/ 역시 수술 전에 비해 수술 후의 결과에서 과대비성 지각이 감소하는 것으로 나타났다<그림 4>. 하지만 9개 파라미터를 동시에 분석하였을 때, 윌크스 램다값은 0.744이고, 카이 제곱값은 자유도 9에서 3.992이고, 유의확률은 0.912이기 때문에 통계적으로 유의미하지 않았다.

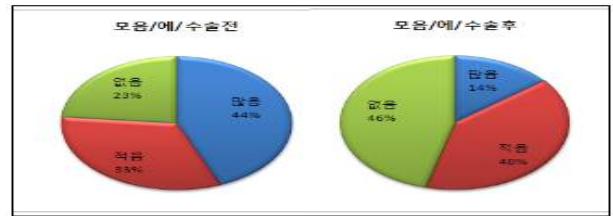


그림 4. 모음/에/의 수술전후 청지각 평가 비율  
Figure 4. Perceptual evaluation ratio of vowel /e/

4.1.5 모음/오/ 분류 결과

모음/오/ 또한 수술 전에 비해 수술 후에 과대비성으로 지각하는 정도가 감소하였다<그림 5>. 9개 파라미터를 동시에 분석하였을 때, 윌크스 램다값은 0.167, 카이 제곱값은 자유도 9에서 22.346이고, 유의확률은 0.008이기 때문에 통계적으로 유의미하였다. 여자 환자의 오조음으로 인한 결측값은 분석시 제외하여 수술전 토큰 수가 9이다. 모음/오/ 분류정확도 100%로 신뢰성이 매우 높다<표 4>.

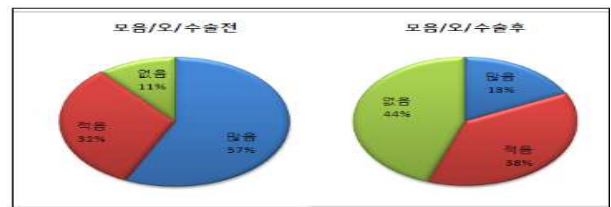


그림 5. 모음/오/의 수술전후 청지각 평가 비율  
Figure 5. Perceptual evaluation ratio of vowel /o/

4.2 모음별 정준판별함수와의 상관관계

5개 모음 별로 나누어 분석 작업을 하였고 이에 대한 분류 결과는 4.1에 정리하였다. 이 정리된 분류 결과에 대한 모음별 9개 각 파라미터와 표준화된 정준판별함수 간의 상관관계를 나

표 4. 모음/오/ 분류 결과표  
Table 4. Classification results of /o/ vowel

	토큰 수	예측 소속집단	
		수술 전	수술 후
수술 전	9	9(100%)	0(0%)
수술 후	10	0(0%)	10(100%)

원래의 집단 케이스 중 100%가 올바르게 분류되었음

타낸 구조행렬은 <표 5>와 같다. 구조행렬을 제시한 이유는 전통적으로 독립변수의 판별력을 보기 위하여 표준화된 판별계수가 이용되지만, 각 독립변수의 판별력이 다중공선성(multicollinearity)<sup>3)</sup> 때문에 낮게 나타날 수 있는 문제점으로 인해, 최근에는 변수와 판별함수 간의 상관 관계값을 보여주는 구조행렬이 선호되기 때문이다. 5개 모음 중에서 모음/이/, /우/, /오/의 판별함수가 통계적으로 유의미하게 나왔다. 유의미한 모음의 구조행렬을 기술하면 다음과 같다. 구조행렬은 절대값의 크기순이 결정되므로 모음/이/에서는 F2가 0.475로 정적 상관<sup>4)</sup>을 보이면서 가장 높고, -0.427의 부적 상관<sup>5)</sup>을 보인 BW1이 두 번째로 상관성이 높고, -0.248인 LPC 에너지 기울기가 세 번째 순서로 상관성이 높게 나타났다. 모음/우/에서는 BW3이 0.211로 가장 상관성이 높고, -0.137로 F2가 두 번째, 0.105로 F1이 세 번째로 상관성이 높다. 모음/오/에서는 F2가 0.275로 가장 상관성이 높고, -0.189인 LPC 에너지 기울기가 두 번째로 상관성이 높으며, BW3이 -0.187로 세 번째 높은 상관순서를 이룬다<표 5>.

표 5 모음별 구조 행렬 정리표  
Table 5. Structure matrix of each vowel

구조 행렬	/아/	/이/	/우/	/에/	/오/
LPC	0.026	-0.248	0.023	-0.004	-0.189
F1	-0.014	-0.003	0.105	-0.173	0.114
F2	-0.220	0.475	-0.137	-0.102	0.275
F3	0.349	0.141	-0.070	0.443	0.077
BW1	-0.564	-0.427	-0.085	0.189	0.037
BW2	0.313	-0.087	0.029	-0.507	0.021
BW3	-0.108	-0.011	0.211	0.388	-0.187
BE 1	-0.279	-0.014	-0.071	0.171	-0.087

- 3) 독립변수들 사이의 선형종속(linear dependency)의 관계로 정의되는 것으로, 실질적으로 어느 독립변수가 다른 독립변수들로부터 밀접한 관계를 가지고 있는 상태를 뜻한다. 다중공선성이 있는 경우, 다른 독립변수들의 결합으로 영향을 받는 독립변수는 회귀모형 내에서 독자적인 정보를 제공하지 못하게 된다. R<sup>2</sup>의 값은 큰 반면에 대부분의 회귀계수들이 유의하지 않은 경우가 다중공선성 발생의 대표적인 경우이다.
- 4) 상관계수는 일반적으로 피어슨(pearson)의 적률상관계수(product-moment correlation coefficient)를 뜻한다. 두 변인간의 상호 관련성을 나타내는 수치로(보통 소문자  $\gamma$  임), 인과관계와는 구별되는 개념이다. 상관계수의 값은 -1부터 1까지의 범위를 지니며(즉,  $-1 \leq \gamma \leq 1$ ), 양의 값이냐에 따라 정적 상관계수 혹은 부적 상관계수라 한다. 상관계수는 두 변인의 관계를 평면상의 일차함수로 나타내려는 수치가기 때문에 정적 상관계수는 한 변인이 증가하면 다른 변인도 함께 증가하는 비례적인 증가함수이다.
- 5) 부적 상관계수는 한 변인이 증가하면 다른 변인은 감소하는 반비례적인 관계에 있는 함수이다.

BE 2	0.027	0.043	0.010	0.001	-0.063
분류 결과	75%	95%(*)	100%(*)	65%	100%(*)

BE1 : band energy(0~500 Hz), BE2 : band energy(500~1000 Hz)  
\* $p < 0.05$

4.3 청지각 평가와 음향 파라미터 간의 상관관계

음향 분석을 위해 선별된 음향 파라미터와 청지각적으로 어떤 연관성이 있는지를 확인할 필요가 있다. 상호 연관성을 파악하기 위해 수술 전후 모음별 청지각 점수와 음향 파라미터 간의 관계를 최소 자승(least square)선 개념의 기울기를 이용하여 확인하였다. 즉 청지각 점수와 LPC 에너지 기울기라는 두 변수의 산포 모양을 기울기로 정리하여 수술 전, 후를 대비시켜본 것이다. 구체적으로, 수술 전과 후 모음/아, 이, 우, 에, 오/의 LPC 에너지 기울기와 청지각 점수를 각각 x와 y 값으로 취하여, 산포된  $(x_n, y_n)$ 에서 얻은 기울기를 구하였다. 결과는 수술 전의 기울기와 수술 후의 기울기 두 가지로 정리가 된다. <그림 6>과 <그림 7>의 모음/아/의 예에서, 수술 전후 기울기에 변화가 생긴 것을 알 수 있다. 수술 전의 음의 방향 기울기가 수술 후 양의 방향으로 바뀌었다. 수술 전 LPC 에너지 기울기 값이 높을 경우(즉 고주파 대역 에너지 감소)에 청지각 점수는 낮게 나온 데(즉 비성이 적음으로 판단하는 경향) 비해, 수술 후에는 이와 같은 경향이 역전을 보인 것으로 이해된다. 효율적 공명의 관점에서는, 기울기 값이 낮은 것과 비례하여 비성의 정도가 강하게 느껴진다면 성도의 노력(vocal effort) 증가에 비례하여 공명이 잘 되었다는 평가가 가능할 것이다. 물론 사례수가 적으므로 확실한 결론을 얻기 위해서는 추후 연구를 통해 보강하여야 한다.

이와 같은 방식으로, 수술 전후 9 개 음향 파라미터와 청지각 평가 점수를  $(x, y)$  2차원 축 상에서 최소 자승선 기울기로 그 관계를 표현하였다. 음향 변수와 청지각 평가 간의 기울기는 수술전후 모음/아/ LPC 에너지 기울기, F1, BW3, Band Energy(0-500 Hz)의 기울기가 정반대방향으로 변화를 보였다. 모음/이/에서는 LPC 에너지 기울기 값의 감소를 보였으며, F1, F3, BW1, BW2, Band Energy(0-500 Hz)의 기울기 방향의 변화를 보였다. 모음/우/에서는 LPC 에너지 기울기, F1, F2, F3, BW1, BW2, Band Energy(0-500 Hz), Band Energy(500-1000 Hz)의 기울기 방향이 반대로 변했으며, 모음/에/에서 LPC 에너지 기울기, BW1, BW2, BW3, Band Energy(0-500 Hz), Band Energy(500-1000 Hz)의 기울기 반대방향 변화가 나타났다. 모음/오/에서 LPC 에너지 기울기 값이 증가하였으며, F1, F2, F3, BW1, BW2, Band Energy(0-500 Hz), Band Energy(500-1000 Hz)에서 기울기가 반대방향으로 변하였다<표 6>,<표 7>. 이상의 결과를 통해, 각 모음에 걸쳐 공통적으로 기울기 변화를 보이는 음향 파라미터를 1차적 가치가 있는 파라미터로 잠정적인 판단을 내려볼 수 있다.



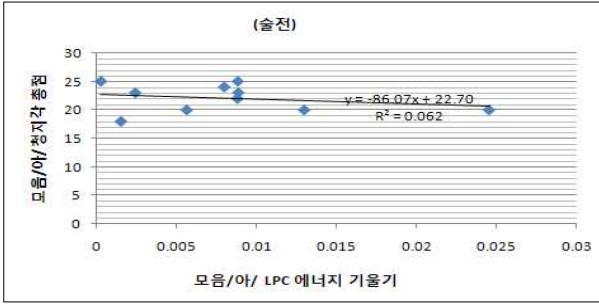


그림 6. 수술전 모음/아/의 LPC 에너지 기울기와 청지각 점수 간 최소 자승선

Figure 6. Least square slope of LPC energy tilt & perceptual score of vowel/a/ before surgery

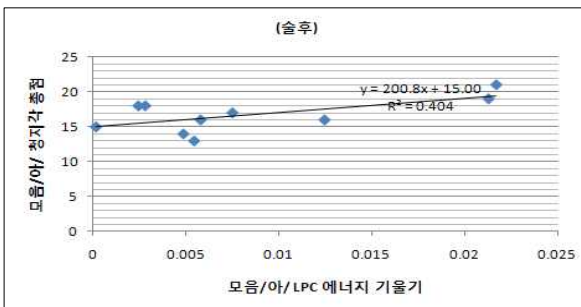


그림 7. 수술후 모음/아/의 LPC 에너지 기울기와 청지각 점수 간 최소 자승선

Figure 7. Least square slope of LPC energy tilt & perceptual score of vowel/a/ after surgery

표 6. 수술 전 청지각 평가 점수와 음향 파라미터 간 최소 자승 기울기

Table 6. Least square slope of perceptual evaluation score & acoustic parameters before surgery

	모음(술전)				
	/아/	/이/	/우/	/에/	/오/
LPC	-86.0786	262.0950	71.6027	302.5629	2.8849
F1	-0.0009	-0.0072	-0.0014	0.0245	0.0312
F2	-0.0006	0.0035	-0.0037	0.0033	-0.0080
F3	-0.0039	-0.0003	-0.0018	-0.0067	0.0024
BW1	0.0031	0.0110	-0.0020	-0.0060	0.0002
BW2	0.0068	0.0014	-0.0037	0.0014	-0.0087
BW3	0.0008	0.0036	-0.0006	0.0009	0.0002
BE1	0.1346	0.2990	0.3592	0.2750	0.3653
BE2	0.1149	0.4287	0.1586	0.1925	0.2236

BE1 : band energy(0~500 Hz), BE2 : band energy(500~1000 Hz)

표 7. 수술 후 청지각 평가 점수와 음향 파라미터 간 최소 자승 기울기

Table 7. Least square slope of perceptual evaluation score & acoustic parameters after surgery

	모음(술후)				
	/아/	/이/	/우/	/에/	/오/
LPC	200.8678	36.7459	-110.8988	-624.2277	20.1493
F1	0.0018	0.0197	0.0131	0.0027	-0.0023
F2	-0.0013	0.0001	0.0054	0.0009	0.0040
F3	-0.0012	0.0075	0.0011	-0.0004	-0.0007
BW1	0.0065	-0.0336	0.0004	0.0032	-0.0060
BW2	0.0018	-0.0014	0.0021	-0.0007	0.0021
BW3	-0.0007	0.0010	-0.0010	-0.0007	0.0002
BE1	-0.0117	-0.3225	-0.0536	-0.2675	-0.0753
BE2	0.0005	0.2768	-0.0973	-0.1625	-0.0526

BE1 : band energy(0~500 Hz), BE2 : band energy(500~1000 Hz)

### 5. 결론

본 연구는 해부학적 차이를 만든 인두피관술 전·후 두 집단 간의 과대비음현상으로 인한 비모음화 정도를 판별할 수 있는 음향 파라미터 설정에 관련된 예비연구이다. 연구 결과를 정리 하면 다음과 같다.

첫째, 모음별로 9개 음향 파라미터[F1, F2, F2, BW1, BW2, BW3, LPC 에너지 기울기, Band Energy(0~500 Hz), Band Energy(500~1000 Hz)]를 동시에 분석하였을 때, 모음/아/, /에/에서는 판별함수가 통계적으로 유의미하지 않았다. 그러나 분류 결과는 높은 예측력을 가지므로 더 많은 사례를 얻는다면 통계적으로 정밀한 작업이 이루어질 것으로 판단된다. 하지만, 포먼트 대역과 포먼트를 측정한 [5] 연구에서 모음/아/, /에/에서도 집단 간 차이를 보이지 않았다. 모음/아/, /에/의 모음 자질 상 집단 분류가 어렵다는 추론이 되는 부분이다.

둘째, 모음별 9개 파라미터[F1, F2, F2, BW1, BW2, BW3, LPC 에너지 기울기, Band Energy(0~500 Hz), Band Energy(500~1000 Hz)]를 동시에 분석하였을 때 모음/이/, /우/, /오/에서는 통계적으로 유의미한 결과를 얻었고, 분류 결과에서도 각각 95%, 100%, 100%의 높은 예측력을 보였다. 이는 선행 연구[15]에서도 모음/이/, /우/에 높은 판별력을 보인 결과와 일치한다. 구조행렬 결과를 바탕으로 포먼트와 포먼트 대역 중 과대비음화를 판별할 수 있는 변수로, 특히 F2와 BW3, 그리고 LPC 에너지 기울기가 상관성이 높은 중요한 판별 변수가 된 것을 알 수 있었다.

셋째, 수술 전후 청지각 평가 차이를 가진 환자의 음성을 대상으로 음향 분석을 시도한 결과, 청지각 평가와 음향적 파라미터 간 연결고리가 될 수 있는 파라미터 개발 가능성을 보여주었다. 수술 전후의 모든 모음에서 나타나는 청지각 평가와 음향



파라미터들 사이의 관계를 보여주는 최소 자승 기술기에서 LPC 에너지 기술기 변화의 폭이 가장 컸음을 확인했으며 심화 연구에서 공명장애에 대한 지각 편차와 LPC 에너지 간의 상관 관계를 계속 연구할 여지를 남겨주었다.

성도 압축(vocal tract constriction)과 포먼트 주파수의 상관 관계를 보면 두 가지 규칙이 있는데, (1) 성도 내 최대 압력지점 근처의 압축은 공기 속도(volume velocity)가 최저가 되고 포먼트 주파수는 상승하게 된다. (2) 성도 내 최대 속도지점 근처의 압축은, 압력을 최소로 만들게 되어 포먼트 주파수가 낮아진다 [16][18]. LPC 에너지 기술기가 중요한 공명관별 파라미터가 되는 것은 해부적인 변화로 인해 성도 내 압축 지점이 변화하게 되고 이에 따라 공기 속도와 압력의 변화를 가져왔기 때문이라고 할 수 있다. 포먼트와 LPC 에너지 기술기가 과대비음화와 상관성이 높다는 것은 수술 후 연구개후벽에 피관이 생겨 공명관의 형태가 변형되었기 때문이다. 또한, 구강 안쪽에 위치한 혀의 운동성도 F2와 LPC 에너지 기술기 수치에 영향을 준 것으로 판단할 수 있다. 즉, 수술전후 아동의 조음 활동 시 혀의 위치 변화가 이루어졌다고 생각할 수 있다. 구강공명이 빈약한 형태는 혀가 너무 앞쪽에 위치하여 산출되고, 맹관공명형태는 혀가 뒤쪽으로 수축함으로써 산출되는 일반적인 특징을 통해서도 혀의 위치변화가 공명에 영향을 줄 수 있다[19]. 역으로 관별함수가 유의미하지 않은 모음/아/와 /에/의 구조행렬에서는 F2의 상관성이 다른 변수들 보다 높지 않게 나타났는데, 이는 혀 움직임의 나타내는 변수인 F2의 변화를 크게 보이는 모음/이/, /우/, /오/와는 달리, 혀의 전, 후방 변동이 크지 않다는 점과 관련이 있다고 본다. 수술로 인한 해부학적 인후두강과 구강내 혀의 움직임 변화가 이루어졌으며, 이런 변화로 인해 조음할 때 정상적으로 나타날 구강 내의 협착점이 뚜렷해질 것이다. 분명한 협착점은 공기 입자의 이동 속도에 변화를 초래하여 공명 변화를 수반하기 때문이다.

본 연구에 참여한 구개열 아동 환자들의 경우 후설저모음/아/에서 수술 전·후 수치들의 변동이 크지 않고 수치들이 조밀한 현상을 보인 반면, 전설고모음/이/와 후설고모음/우/, /오/는 통계적으로 유의미한 차이를 보일 정도로 수술 전·후 해부학적 차이점을 분명히 보여주었다. 이는 수술 후 혀가 후상방으로 위치를 할 때 인두피관과 함께 좁힘점이 생겨 구강과 비강공명에 영향을 줄 만큼 충분히 공명의 변화가 생긴다고 판단할 수 있음을 의미한다.

대상자 수가 적은 관계로 각 토큰 수를 원자료로 활용하는 방법과 SPSS 내 데이터 처리 오류로 인하여 단계 방식을 포기하고 입력 방식으로 전환하는 여러 악조건이 있었지만, 선행연구에서 다루지 않은 LPC 에너지 기술기가 관별변수로 가능성이 있다는 것을 보여주었고, 기존의 공명파라미터로 중요하게 생각한 포먼트 대역과 포먼트에서, 특히 제 2 포먼트가 공명관 상관성이 높다는 것을 확인한 것이 본 연구의 의의라고 할 수 있다.

후속 연구에서는 풍부한 사례를 가지고 다양한 접근을 시도하는 심층적인 조사가 이루어지길 바라고 자연적인 발화상황에서의 음성 표본에 대한 연구도 이루어지길 바란다.

## 참고 문헌

- [1] The Korean Society of Plastic and Reconstructive Surgeon. (2009). *Textbook of plastic surgery*. Seoul: Koonja Publishing Co. (대한성형외과학회 집필 (2009). 표준성형외과학, 서울: 군자출판사.)
- [2] Kim, M. R., Choi, J. U. & Kim, T. W.(trans), Showa University(edit). (1997). *Team approach niyoru kougairait-suno chiryou*. Seoul: Jeeseung Publishing Co. (김명래, 최장우, 김태원(역), 일본 쇼와대학 편저, (1997). 구개열의 종합치료: 수술, 교정, 심리, 언어, 보철 치료, 서울: 지성출판사.)
- [3] Park, H. S.(trans) (2005). *clinical speech of cleft palate*. Seoul: Yeongmun Publishing Co. (박혜숙(역) (2005). 구개열의 언어임상, 서울: 영문출판사.)
- [4] Lee, C. H., Lee, Y. S. & Kim, I. W. (1989). "Evaluation of velopharyngeal insufficiency by digital subtraction radiography". *Journal of the Korean Otolaryngological Society*, Vol. 32, No.1, pp. 119-123. (이철희, 이용식, 김인원, (1989). 전산화감산촬영술을 이용한 구개인두부전의 평가, 대한이비인후과학지, 32권 1호, 1, pp. 119-123.)
- [5] Kim, H. C. (2006). "Spectral characteristics of resonance disorders in submucosal type cleft palate patients". Chunbuk National University. M.S. thesis. (김현철, (2006). 점막하 구개열 환자 공명장애의 스펙트럼 특성 연구, 전북대학교 대학원, 석사학위논문.)
- [6] Kwon, T. H. & Shin, H. K. (1984). "An acoustic assessment of hypernasality for cleft palate patients". *Journal of the Korean Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, Vol. 20, No.3, pp. 319-333. (권태호, 신효근, (1984). 구개열 환자에 있어서 과비음에 관한 음성언어 의학적 연구, 대한구강악안면외과학회지, 20권 3호, pp. 319-333.)
- [7] Seong, C. J. (1996). "An experimental phonetic study on the acoustic characteristics of the Korean nasal sound". *Malsori*, Vol. 31-32, pp. 9-22. (성철재, (1996). 한국어 비음의 음향적 특성에 관한 실험음성학적 연구, 말소리, 31-32권, pp. 9-22.)
- [8] Choi, S. N. & Seong, C. J. (2006). "Long term average spectral analysis for acoustical discrimination of Korean nasal consonants". *Malsori*, Vol.60, pp. 67-84. (최순애, 성철재, (2006). 한국어 비음의 음향학적 구분을 위한 장구간 스펙트럼(LTAS) 분석, 말소리, 60권, pp. 67-84.)
- [9] Park, H. S. (2004). "A new method of extracting the filter characteristics of the nasal cavity using homorganic nasal-stop sequences: a preliminary report". *Malsori*, Vol.53, pp. 17-35. (박한상, (2004). 동기관음의 스펙트럼 차이를 이용한 비강 특성 산출: 예비연구, 말소리, 53권, pp. 17-35.)

- [10] Chen, M. Y. (1997). "Acoustic correlates of English and French nasalized vowels". *Journal of Acoustical Society of America*, Vol. 102, No. 4, pp. 2360-2370.
- [11] Kataoka, R. Michi, K. Okabe, K. Miura, T. & Yoshida, H. (1996). "Spectral properties and quantitative evaluation of hypernasality in vowels". *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, Vol. 33, No.1, pp. 43-50.
- [12] Seo, G. J. (1995). "An acoustic analysis of sound distortions in cleft palate patients". Seoul National University. Ph.D. dissertation. Pedodontics.  
(서가진, (1995). 구개열 환자의 발음 장애에 대한 음향학적 연구, 서울대학교 대학원, 박사학위논문, 소아치과학전공.)
- [13] Cho, J. H., Pyo, W. Y., Choi, H. S. Choi, B. J., Son, H. K. & Sim, H. S. (2004). "Physioanatomy of nasopharyngeal space and hypernasality in cleft palate". *Journal of the Korean Academy of Pediatric Dentistry*, Vol. 31, No.4, pp. 721-728.  
(조준희, 표화영, 최홍식, 최병재, 손홍규, 심현섭, (2004). 구개열에서 비인두강의 생리해부학적 구조와 과비음과의 연관성 연구, 대한소아치과학회지, 31권 4호, pp. 721-728.)
- [14] Ham, K. S., Lee, J. W., Wee, S. S. & Lee, S. H. (1981). "Endoscopic studies in patients with repaired cleft palate". *Journal of the Korea Society of Plastic and Reconstructive Surgeon*, Vol. 8, No. 1, pp. 23-26.  
(함기선, 이재웅, 위성신, 이상호, 안용팔, 박경희, (1981). 구개열 교정술후 언어장애 환자들에 대한 내시경적 조사 및 기도 공기 역학적 검사의 비교관찰, 대한성형외과 학회지, 8권 1호, pp. 23-26.)
- [15] Plante, F. Berger-Vachon, C. & Kauffmann, I. (1993). "Acoustic discrimination of velar impairment in children". *Folia Phoniatica*, Vol. 45, pp. 112-119.
- [16] Johnson, Keith, (2003). *Acoustic and Auditory Phonetics*. 2nd edition. UK: Blackwall Publishing Co.
- [17] Choi, H. C. (2007). *Statistical methods in social science*. Seoul: Nanam Publishing Co.  
(최현철, (2007). 사회통계방법론, 서울: 나남출판사.)
- [18] Behrman, A. (2007). *Speech and Voice Science*. UK: Plural Publishing Inc.
- [19] Boone, D. R., McFarlane, S. C. & Von Berg, S. L. (2005). *The Voice and Voice Therapy*. 7th edition. USA: Pearson Education Inc.
- **강영애(Kang, Youngae)**  
충남대학교 대학원 언어병리학과  
대전광역시 유성구 궁동 220  
관심분야: 신경 언어장애, 음성장애  
현재 충남대학교 언어병리학과 박사과정
  - **강낙헌(Kang, Nakheon)**  
충남대학교 의과대학 성형외과학교실  
대전광역시 중구 문화로 55  
Email: nhk488@cnu.ac.kr  
관심분야: 구순구개열, 두개악안면외과  
현재 충남대학교 의과대학 성형외과학 교수
  - **이태용(Lee, Taeyong)**  
충남대학교 의과대학 예방의학과  
대전광역시 중구 문화로 55  
Email: tylee@cnu.ac.kr  
관심분야: 역학, 보건 통계  
현재 충남대학교 의과대학 예방의학과 교수
  - **성철재(Seong, Cheoljae)** 교신저자  
충남대학교 인문대학 언어학과  
대전광역시 유성구 궁동 220  
Tel: 042) 821-6395  
Email: cjseong@cnu.ac.kr  
관심분야: 운율분석, 장애음성분석  
현재 충남대학교 인문대학 언어학과 교수

< 부록 1 >

1. 들려주는 소리를 듣고, 물음에 표시해 주세요.

응답자 성별 : ( 남 / 여 ), 연령 : (         ) 세

순서	5개 모음	콧소리	콧소리(비성)가 있다면, 어느 정도 인가요?		
1	음성	( 유/ 무 )	적다	보통이다	심하다
2	음성	( 유/ 무 )	적다	보통이다	심하다
3	음성	( 유/ 무 )	적다	보통이다	심하다
4	음성	( 유/ 무 )	적다	보통이다	심하다
5	음성	( 유/ 무 )	적다	보통이다	심하다
6	음성	( 유/ 무 )	적다	보통이다	심하다
7	음성	( 유/ 무 )	적다	보통이다	심하다
8	음성	( 유/ 무 )	적다	보통이다	심하다
9	음성	( 유/ 무 )	적다	보통이다	심하다
10	음성	( 유/ 무 )	적다	보통이다	심하다
11	음성	( 유/ 무 )	적다	보통이다	심하다
12	음성	( 유/ 무 )	적다	보통이다	심하다
13	음성	( 유/ 무 )	적다	보통이다	심하다
14	음성	( 유/ 무 )	적다	보통이다	심하다
15	음성	( 유/ 무 )	적다	보통이다	심하다
16	음성	( 유/ 무 )	적다	보통이다	심하다
17	음성	( 유/ 무 )	적다	보통이다	심하다
18	음성	( 유/ 무 )	적다	보통이다	심하다
19	음성	( 유/ 무 )	적다	보통이다	심하다
20	음성	( 유/ 무 )	적다	보통이다	심하다

2. 다음의 2개씩 들려주는 소리를 듣고, 각각의 음성의 콧소리(비성) 정도를 표시해주세요.

순서		A	B	C	D	E
① 음성	1	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음
	2	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음
② 음성	1	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음
	2	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음
③ 음성	1	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음
	2	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음
④ 음성	1	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음
	2	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음
⑤ 음성	1	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음
	2	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음
⑥ 음성	1	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음
	2	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음
⑦ 음성	1	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음
	2	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음
⑧ 음성	1	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음
	2	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음
⑨ 음성	1	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음
	2	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음
⑩ 음성	1	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음
	2	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음	----- 많음 적음 없음

설문에 응해주셔서 감사합니다.