



실이에서 여자 음성 /a/, /i/, /u/의 포먼트 주파수 변화

Formant frequency changes of female voice /a/, /i/, /u/ in real ear

허승덕* · 강희라

Heo, Seungdeok · Kang, Huira

Abstract

Formant frequencies depend on the position of tongue, the shape of lips, and larynx. In the auditory system, the external ear canal is an open-end resonator, which can modify the voice characteristics. This study investigates the effect of the real ear on formant frequencies. Fifteen subjects ranging from 22 to 30 years of age participated in the study. This study employed three corner vowels: the low central vowel /a/, the high front vowel /i/, and the high back vowel /u/. For this study, the voice of a well-educated undergraduate who majored in speech-language pathology, was recorded with a high performance condenser microphone placed in the upper pinna and in the ear canal. Paired t-test showed that there were significant difference in the formant frequencies of F1, F2, F3, and F4 between the free field and the real ear. For /a/, all formant frequencies decreased significantly in the real ear. For /i/, F2 increased and F3 and F4 decreased. For /u/, F1 and F2 increased, but F3 and F4 decreased. It seems that these voice modifications in the real ear contribute to interpreting voice quality and understanding speech, timbre, and individual characteristics, which are influenced by the shape of the outer ear and external ear canal in such a way that formant frequencies become centralized in the vowel space.

Keywords: resonance, formant frequency, real ear, external auditory canal resonance

1. 서론

모음은 성대 진동에 의한 기류가 인두나 구강을 지나는 유성음이다. 혀의 앞뒤 위치에 따라 전설·후설로, 혀의 높낮이에 따라 고·저모음으로, 입술이 둥글거나 평평한가에 따라 원순·평순으로 구분한다. 이것은 성도 모양에 의해 좁혀지는 지점의 위치와 정도에 따라 공명주파수가 달라지기 때문이다[1]. 성도에서 발생하는 공명을 포먼트(formant)라 하고, 해당 주파수를 포먼트 주파수(formant frequency)라 한다[2]. 포먼트 주파수는 낮은 주파수부터 차례로 F1, F2, F3, F4, ... Fn으로 표시한다.

F1은 혀의 구강 내에서 높낮이에 따른 인두강 부피와 관련이 있다. 공명 주파수는 혀를 아래로 내리면 인두강 공간이 좁아져

서 높아지고, 혀를 위로 올리면 인두강 공간이 넓어져서 낮아진다. F2는 혀의 앞뒤 위치에 따른 구강 길이에 영향을 받는다. 공명 주파수는 혀를 앞으로 내밀면(전설) 구강이 짧아져서 높아지고, 혀를 뒤로하면(후설) 구강이 길어져서 낮아진다. F1은 고모음보다 저모음에서, F2는 후설보다 전설 모음에서 더 높아진다.

F3은 원순성과 입술 퍼짐[3]에 따른 구강 구조 및 길이에 영향을 받아서, 원순 전설인 경우 F3에, 원순 후설인 경우 F2에 각각 큰 영향을 준다[4]. F4는 입술 돌출 정도에 더 큰 영향을 받는다[3].

모음공간면적은 주파수 차이가 큰 F1의 /i/와 /a/에, F2의 /u/와 /i/에 따라 달라지며, 성별에 의해서도 영향을 받는다

* 대구대학교, audiolog@daegu.ac.kr, 교신저자

Received 5 January 2017; Revised 14 February 2017; Accepted 9 March 2017

[5],[6]. 모음의 포먼트는 남자보다 여자가 높다. 그러나 /t/, /k/, /l/, /r/는 F1 부터 F4 의 주파수가 높지만 /m/, /n/의 F2 는 원순에 의한 공명강 증대 효과로 여자가 남자보다 크게 낮아져서 그 차이가 좁아진다[6]. 모음의 특징은 포먼트 에너지에 의해 결정되는데, 모음 수집 환경 등에 의해서도 달라진다[7].

청각기관은 공기 중 소리를 뇌가 분석할 수 있도록 에너지를 변환하며, 변환과정에서 손실된 에너지를 보상하는 증폭기관이다. 에너지 손실은 소리가 공기, 뼈, 림프 등 매질 특성이 다른 해부학적 구조물을 지나면서 발생하며, 증폭은 외이 및 중이 공명, 내이에서의 기계-전기적 전달(mechanoelectric transduction) 과정에서 발생한다. 청각기관에서 소리가 공기를 매질로 전파되는 곳은 외이이며, 외이에서의 음향 간섭은 포먼트에 영향을 줄 수 있다.

외이는 이개(pinna), 이개강(concha cavity), 외이도(external auditory canal) 등으로 구성된다. 이개는 두개골에서 돌출된 연골 등이 깔때기 모양으로 이개강을 이루며, 이개 연골이 만든 관이 골부까지 계속하여 외이도를 만들어 고막에 의해 막히는 맹관을 이룬다. 외이의 이러한 구조적 특징은 이개에서 약 4 kHz 범위의 3 dB 정도(flange 효과), 이개강에서 5~6 kHz 범위의 10 dB 정도, 외이도에서 2.7 kHz 범위의 13 dB 정도 이득이 생기며[8]-[10], 소리가 한 쪽에서 들려오는 경우 같은 방향의 소리를 증강시켜 방향을 구별하는 데 중요한 단서를 제공한다[11].

음성의 음향학적 특성은 입술 밖에서의 소리를 분석한 것으로 간섭이 없는 음장(sound/free field)인 경우 일정하다. 하지만 맹관인 외이도에서 음성의 음향학적 특성은 공명에 영향을 받아 변화가 생길 수 있다. 실제로 남성이 발화한 고빈도 모음 /t/, /l/, /r/, /t/, /k/, /l/, /r/에서 F1, F2, F3, F4 의 포먼트 변화가 확인되었다[12].

보청기는 청력손실 보상에 매우 중요한 도구이며, 장치를 외이에 고정하고 증폭된 소리를 외이도 내부로 전달시키기 때문에 이개강이나 외이도 등을 막아야 한다. 이에 따른 음향에너지 손실을 공명 손실이라 하며, 음성 언어를 이해하는데 영향을 줄 수 있다. 공명 손실은 순음을 이용하여 주파수마다의 음향에너지 손실 정도를 확인하고 있으나 음성을 이용한 연구는 시도되지 않았다. 보청기 사용자의 공명 손실에 의한 포먼트 변화는 언어 이해에 중요한 단서가 될 수 있다.

이 연구는 여성이 발화한 모음 /t/, /l/, /r/를 외이도에서 녹음하여 실이 공명이 모음의 포먼트 주파수 F1, F2, F3, F4 에 미치는 영향을 확인하는데 목적이 있으며, 이를 통해 외이 공명이 음성에 미치는 정보를 획득하고자 한다.

2. 연구 대상 및 방법

2.1. 연구대상

연구 대상자들은 연구 목적과 방법을 잘 숙지하였고, 연구 목적의 결과 활용에 동의하였다.

참여자자는 화자와 청자로 구분하였다. 화자는 언어병리학을 전공하고 잘 교육받은 24 세 여자이었고, 청자는 22 세부터 30

세 사이(26±4)의 15 명(남:여=12:3)이었다. 이들은 모두 외이 기형을 포함한 귀 및 두경부 외상 경험이 없었고, 청력, 발성, 조음, 음성 등에 이상이 없는 전신이 건강한 대학생들이었다. 특히, 모음을 연장 발성한 화자 음성은 음향학적 검사 결과가 모두 정상 범위에 있었고, 자음정확도, 모음정확도 및 구어명료도가 모두 정상 범위에 있었다.

청자의 외이 및 중이 상태는 맹관인 외이도 공명 특성에 영향을 줄 수 있어서 중요하다. 따라서 이에 대한 객관적 검사가 필요하며, 이를 위하여 이미틴스(middle ear analyzer, GSI 33, Grason-Stadler, Inc., USA) 검사기로 고막운동도(tympanogram)를 검사하였다. 모든 연구 참여자들의 고막운동도는 검사 상 외이도 용적(1.04 ± 0.22 cc), 중이강 압력(-11.3 ± 7.19 daPa), 정적탄성(0.5 ± 0.24 cc) 등이 모두 정상 범위에 있는 Type A형을 보였다.

2.2. 연구 방법

2.2.1. 실험 모음

모음공간면적은 혀의 위치와 구강 및 인강에 영향을 받은 꼭지 모음(corner vowel)에 의해 결정되며, 모음삼각도의 경우 /t/, /l/, /r/의 꼭지 모음으로 결정된다. 이 연구에서는 사용빈도가 높고 이중모음 성격이 없으며, 포먼트 변화를 가장 잘 관찰할 수 있는 평순중설저모음 /t/, 평순전설고모음 /l/, 원순후설고모음 /r/를 실험 모음으로 사용하였다.

실험 모음은 청자에게 들려주기 위하여 청력과 음성, 발성 및 조음 능력이 정상인 24 세 여자 대학생 음성으로 녹음하였고, 이를 표본 음성으로 정의하였다. 표본 음성은 장치로 재생하여 연구 참여자 외이도 내부에서 녹음하였고, 이를 실험 음성으로 정의하였다.

2.2.2. 표본 음성 녹음

표본 음성은 언어병리학을 전공하고 잘 교육 받은 24세 여자 대학생이 방음실(120a, Industrial Acoustic Company, USA)에서 Computerized Speech Lab (CSL-4500, Kay Pentax, USA), Multi Dimensional Voice Program (MDVP-5105, ver 3.3)를 사용하여 녹음하였다.

발성은 입술로부터 20 cm 이내에 둔 마이크(SM48, Shure, USA)로 받아 CSL, MDVP의 음량지시계(volume unit meter)로 관찰하면서 5 초 동안 지속하여 충분히 연습하였다. 연습을 마친 후, 음성을 같은 방법으로 표본 비율 44,100 Hz로 5 회씩 녹음하여 개인용 컴퓨터(DBP400-PC313S, 삼성전자, 한국)에 저장하였다.

표본 음성의 포먼트 주파수는 Praat (Ver. 6.0.19, University of Amsterdam, Netherlands)으로 분석하였으며, F1, F2, F3, F4 의 순서로 /t/가 734, 1,130, 3,223, 3,982 Hz, /l/는 241, 771, 2,805, 3,947 Hz, /r/가 272, 945, 2,997, 4,396 Hz로 각각 관찰되었다 <표 1>.

표 1. 음장과 실이에서 녹음한 음성의 포먼트 주파수

Table 1. Formant frequencies recorded in free field and the external auditory canal.

Sample Voice (Woman's voice)	Formant Frequencies (Hz)			
	F1	F2	F3	F4
ㅏ	734.41	1,130.68	3,223.18	3,982.85
ㅣ	241.60	771.75	2,805.71	3,947.83
ㅓ	272.39	945.81	2,997.76	4,396.17
Recorded in Free Field				
ㅏ	927.87±54.76	1,213.95±66.44	3,686.19±146.64	4,685.55±215.16
ㅣ	325.80±38.06	602.23±95.61	2,834.49±256.56	3,853.23±145.98
ㅓ	321.99±26.44	913.16±39.06	2,923.35± 91.52	4,227.81±141.89
Recorded in the External Auditory Canal				
ㅏ	* 518.36±58.33	* 1,032.12± 72.59	* 1,584.34±138.67	* 3,066.21±168.34
ㅣ	329.83±42.47	* 1,033.59±113.09	* 1,879.01±189.67	* 3,093.09±206.80
ㅓ	* 350.90±31.05	* 947.98± 47.99	* 1,837.66±142.80	* 3,069.76±246.53

*; $p < 0.05$,

이용하여 보정하였다.



그림 1. 이개 상부와 외이도 내부에 장착한 송화기.

Figure 1. Microphone located over the pinna and into the external auditory canal.

2.2.3. 실험 음성 녹음

실험 음성은 대상자의 전방 50 cm에 둔 스피커(BR-2280 Stick, 브리즈, 한국)를 통해 표본 음성을 75 dB SPL로 출력하여 두 개의 마이크로 녹음하였다.

실험음성 녹음은 자체 제작한 두 개의 고성능 콘덴서 마이크를 이개 상부와 외이도 내부에 각각 두고, 동시에 녹음하였다. 이때 스피커는 왼쪽 45°로 두었고, 출력음압은 소음계(Ling WAVES SPL meter, Wevosys, Germany)로 확인하였다.

마이크는 이개 상부에서 두개골과 절흔(notch)을 이루는 부분과 외이도 내부에 각각 장착하였다. 외이도 내부 마이크는 직경 0.6 mm, 길이 75 mm인 탐침관(probe tube)을 추가로 장착 하였다. 머리카락이 긴 참여자의 경우 단정하게 묶고 왼쪽 귀에서만 녹음하였다<그림 1>. 실이 실험 음성은 탐침관에 영향을 받는다. 따라서 100 부터 6,000 Hz까지 100 Hz 단위의 순음을 두 개의 마이크로 동시에 녹음한 후, MatLab (R2014a, MathWorks, USA)을

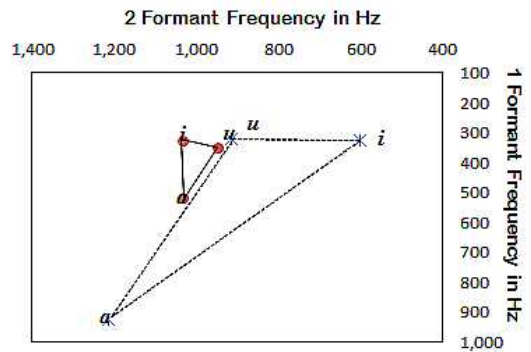


그림 2. 실이에서 F1과 F2 변화
Figure 2. Change of F1 and F2 in real ear.

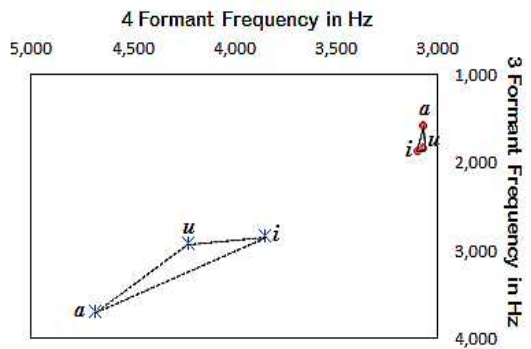


그림 3. 실이에서 F3과 F4 변화
Figure 3. Change of F3 and F4 in real ear.

두 개의 마이크로 동시에 받은 실험 음성은 2 채널 증폭기(Scarlett 6i6, Focusrite, USA)로 증폭하고, Audition CS6 (Adobe, USA)에서 44,100 Hz 비율로 녹음하여 개인용 컴퓨터(DBP 400-PC313S, 삼성전자, 한국)에 저장하였다.

2.3. 음성 분석 및 통계적 검증

실험 음성의 포먼트 주파수는 Praat (Version 6.0.19, University of Amsterdam, Netherlands)으로 분석하였다. 분석 구간은 청각음성학 전공 교수와 언어병리학 전문가가 안정된 구간을 육안으로 확인한 후, 가장 안정된 0.1초 범위를 정하여 분석하였고, 포먼트 주파수는 이 구간의 평균값으로 하였다.

두 실험 음성 각각의 포먼트 주파수 F1, F2, F3, F4 는 기술통계 하였고, 두 실험 음성 사이의 관계는 대응표본 t - test (SPSS 22.0)로 검증하였다.

3. 연구 결과

실험 음성의 포먼트 주파수를 살펴보면, 음장에서 녹음한 실험 음성은 F1, F2, F3, F4의 순서로 음장에서 /ㅏ/가 927.87, 1,213.95, 3,686.19, 4,685.55 Hz, /ㅣ/는 325.8, 602.23, 2,834.49, 3,853.23 Hz, /ㅓ/가 321.99, 913.16, 2,923.35, 4,227.8 Hz로 각각 관찰되었다<표1>.

실이에서 녹음한 실험 음성의 포먼트 주파수는 같은 순서로 /ㅏ/가 518.36, 1,032.1, 1,584.34, 3,066.2 Hz, /ㅣ/는 329.83, 1,033.59, 1,879.01, 3,093.09 Hz, /ㅓ/가 350.9, 947.9, 1,837.66, 3,069.75 Hz로 각각 관찰되었다<표 1>.

두 실험 음성을 비교하면 실이 음성은 /ㅏ/의 경우 모든 포먼트 주파수가 낮아졌고, 통계적으로도 유의한 차이가 관찰되었다(p=0.000). 계속하여 /ㅣ/는 F1 과 F2 가 낮아졌고, F3 과 F4 가 낮아졌으나 통계적으로는 F1(p=0.757)을 제외한 나머지 포먼트 주파수에서 유의한 차이가 관찰되었다(p=0.000). /ㅓ/는 /ㅣ/와 마찬가지로 F1 과 F2 가 낮아졌고, F3 과 F4 가 낮아졌으나 통계적으로는 F1(p=0.006), F2(p=0.026), F3 과 F4(p=0.000)에서 모두 유의한 차이가 관찰되었다<그림 2, 3>.

4. 고찰 및 결론

포먼트 주파수는 혀와 구강 구조 등의 조음 방법에 의해 결정되는 음향학적 특성들 중 일부이다. 실이에서 여성 음성은 /ㅣ/의 F1을 제외하고 모든 포먼트 주파수에서 변화가 관찰되었다.

F1 변화는 /ㅓ/의 경우 입술 밖으로 나온 음성이 무한 공간인 음장을 지나면서 구강이 확장된 효과와 급격하게 좁아진 외이도 입구가 후설모음의 저모음화 현상을 일으키면서 주파수가 높아진 것으로 해석할 수 있다. /ㅏ/의 경우 둥근 외이도 입구가 원순화 현상을 일으키고, 음원으로부터 녹음 마이크까지 거리가 멀어지면서 포먼트를 낮게 한 것으로 보인다. 특히, /ㅏ/에서 F1의 변화는 실이에서 남성 음성의 변화[13]보다 크게 낮아졌다. 이러한 현상은 포먼트 분포가 균일하고 에너지가 높은 중설 저모음 /ㅏ/의 음향학적 특성이 감정 표현과 관련하여 쉽게 영향을 받는 것[14]과 관련이 있을 것으로 추정된다. 감정 변화에 따른 포먼트 차이는 평상시, 기쁠 때, 화가 났을 때, 슬플 때 등에 의한 성별 차이가 분명하고, /ㅏ/, /ㅓ/, /ㅕ/ 중 /ㅏ/의 F1 변화가 가장 크다[15]. 이러한 변화는 실이에서도 나타났으며, 이 연

구에서 중설 저모음 /ㅏ/의 F1이 유의하게 큰 변화를 보인 것은 이와 관련이 있을 것으로 추정된다.

F2 변화는 /ㅏ/가 낮아졌고, /ㅣ/와 /ㅓ/의 경우 높아졌다. 이것은 /ㅓ/가 외이도 입구가 좁아지면서 전설이 협착 되는 것과 같은 전설 모음화에, /ㅏ/와 /ㅣ/가 좁힘점 이론에 각각 영향을 받은 것으로 판단된다. 아울러 안면 및 두개 등 신체 각 부분의 반사와 집음, 공명 등에 의한 외이 공명[8]이 간섭을 일으켜 중심 주파수 대역으로 모으는 중심화(centralization) 현상도 관여한 것으로 보인다.

F3은 원순 모음에서 낮아지고, 입술을 좁히면 이 부분이 공명주파수 교차점이 되어 낮아진다[16]. 성도의 길이에 더욱 밀접한 관련이 있으며[17], 후두 위치 변화 및 후두실과도 관련되어 음색 및 개인의 목소리 특성을 결정하는 특성이 있다[5]. 실이에서 F3의 변화는 원순 모음인 /ㅓ/의 경우 좁힘점 이론에, 평순 모음인 /ㅏ/와 /ㅣ/의 경우 타원형인 외이도 입구 모양과 음원과 마이크 사이 거리, 그리고 외이도의 길이와 직경(용적) 및 굴곡 등에 의한 외이도 공명[8] 등에 영향을 받은 것으로 판단된다.

F4는 모두 낮아졌는데, 이러한 변화는 음원으로부터 거리, 외이도 입구 모양, 외이도 및 이개강 공명에 간섭을 받은 것으로 판단된다.

특히, F3과 F4의 변화는 청각기관이 에너지 형태를 변환하면서 발생하는 손실을 보상하고 듣기 능력을 극대화하는데 크게 기여하는 것으로 판단된다. 이것은 외이 공명에 의한 간섭이 소리를 중이 공명 주파수 범위로 모아주며, 이러한 음성 특성의 변화는 중이가 음성을 효과적으로 받아들이고, 임피던스 정합을 통하여 내이로 효율적으로 전달하는데 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

외이도는 음향 에너지 변환과정에서 발생한 손실을 공명으로 보상하는 첫 번째 증폭기로서[9] 그 역할이 강조되었다. 그러나 이 연구 결과는 공명에 의한 증폭뿐 아니라 포먼트 주파수를 중이 공명 주파수 범위로 주파수를 모아주는 것(중심화 현상)을 의미한다. 중심화 현상은 청각기관에서 소리에너지 전달 효율을 높이고, 음성을 높음 품질로 해석하는데 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 특히, 보청기 사용자의 경우 공명 손실에 의한 고음역 음소 이해력 향상을 위한 주파수 범위 관련 연구에 단서로 활용할 수 있을 것이다. 연구 결과를 향후 효과적으로 활용하기 위해서는 남성 화자 및 다화자 음성에 대한 변화를 확인하는 것이 필요할 것이다.

결론적으로 실이에서 여자 음성은 /ㅏ/의 F1과 F2는 낮아지고, /ㅣ/의 F2와 /ㅓ/의 F1, F2가 높아지며, /ㅏ/, /ㅣ/, /ㅓ/의 F3, F4는 모두 낮아지는 변화를 보였다. 실이에서의 이러한 변화는 외이의 모양과 맹관 공명과 관련되는 것으로, 공명은 포먼트 주파수를 중심화 시켜 말소리 이해와 음색 및 개인별 특징 등 고급 음성 해석에 기여하는 것으로 판단된다.

감사의 글

연구에 도움을 준 청각학연구회 유재형, 정세인, 이민희 선생에게 감사를 표한다.

참고문헌

- [1] Kent, R., & Read, C. (2003). *The acoustic analysis of speech*. New York: Thompson Learning.
- [2] Oh, S. (2013). *Psychoacoustics*. Seoul: Sigma Press. (오세진 (2013). *심리음향학*. 서울: 시그마프레스)
- [3] Isei-Jaakkola, T., Naka, T., & Hirose, K. (2010). Comparison of the formant frequencies F3 and F4 on a three-dimensional vowel chart. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 127(3), 2019
- [4] Ladefoged, P. (1993). *A course in phonetics* (3rd edition). Fort Worth: Harcourt Brace Jovanovich College Publishers.
- [5] Kim, Y., Kim, K., Kim, J., & Jang, J. (2013). A Study on the Formant Comparison of Korean Monophthongs according to Age and Gender -A Survey on Patients in Oriental Hospitals. *Phonetics and Speech Sciences*, 5(1), 73-80. (김영수·김근호·김종열·장준수 (2013). 연령 및 성별에 따른 한국어 단모음 포먼트 비교에 관한 연구-한방병원 내원환자를 중심으로. *말소리와 음성과학*, 5(1), 73-80.)
- [6] Oh, E. (2012). Effects of Speaker Gender on Vowel Space Size and Vowel Changes in Korean. *The Journal of Studies in Language*, 28(3), 531-553. (오은진 (2012). 모음 공간의 크기 및 모음 변화에 대한 화자성별의 효과-한국어의 경우. *언어연구*, 28(3), 531-553.)
- [7] Lee, J., Jang, H., & Chung, H. (2005). A Study on Frequency Characteristics of Korean Phonemes. *Audiology*, 1(1), 59-66. (이주현·장현숙·정한진 (2005). 한국어 음소의 주파수 특성에 관한 연구. *청능재활*, 1(1), 59-66.)
- [8] Choi, A., Lee, M., Choi, A., & Heo, S. (2009). Resonance Changes in the External Auditory Canal Associated with the Ear Canal Volume. *Phonetics and Speech Sciences*, 1(3), 151-154. (최아현·이미소·최아름·허승덕 (2009). 외이도 용적에 따른 외이도 공명의 변화. *말소리와 음성과학*, 1(3), 155-154.)
- [9] Heo, S. (2012). Pure External Auditory Canal Resonance. *Journal of Speech & Hearing Disorders*, 21(3), 465-473. (허승덕 (2012). 순수 외이도 공명. *언어치료연구*, 21(3), 465-473.)
- [10] Heo, S., & Yoo, Y. (2004). *Audiology*. Busan: Dong-A University Press. (허승덕·유영상 (2004). *청각학*. 부산: 동아대학교출판부).
- [11] Heo, S., Choi, A., & Kang, M. (2006). *Rehabilitative Audiology: Cochlear Implant, Hearing Aids, Binaural Hearing*. Seoul: Sigma Press. (허승덕·최아현·강명구 (2006). *재활청각학: 인공와우, 보청기, 양이 청취*. 서울: 시그마프레스.)
- [12] Heo, S., Yoo, J., Jeong, S., & Lee, M. (2016). Change of Formant Frequencies in Real Ear. *Proceedings of the 2015 Conference of the Korean Society of Speech-Language Pathology and Audiology* (pp. 76-77). (허승덕·유재형·정세인·이민희 (2016). 실이에서 음영대 주파수 변화. *2016 한국언어청각임상학회 학술대회 발표논문집*, 76-77.)
- [13] Heo, S., Kang, H., & Ko, D. (2016). Male Voice Formant Frequency of High Frequency Vowel in Real Ear. *Proceedings of the 4th International Conference of the Korean Speech-Language & Hearing Association* (pp. 192-194). (허승덕·강희라·고도홍 (2016). 실이에서 고빈도 모음의 포먼트 주파수. *한국언어치료학회 국제학술대회 발표논문집*, 192-194.)
- [14] Yi, S. (2011). An Analysis of Formants Extracted from Emotional Speech and Acoustical Implications for the Emotion Recognition System and Speech Recognition System. *Phonetics and Speech Sciences*, 3(1), 45-50. (이서배 (2011). 독일어 감정음성에서 추출한 포먼트의 분석 및 감정인식 시스템과 음성인식 시스템에 대한 음향적 의미. *말소리와 음성과학*, 3(1), 45-50.)
- [15] Jang, I., Park, M., Kim, T., & Park, M. (2004). Study of Emotion in Speech. *Proceedings of the Conference of the Korean Society Of Precision Engineering* (pp. 25-28). (장인창·박미경·김태수·박면웅 (2004). 감정변화에 따른 음성정보 분석에 관한 연구. *한국정밀공학회 학술발표대회 논문집*, 25-28.)
- [16] Yang, B. (1998). A Study on Vowel Formant Variation by Vocal Tract Modification. *Speech Sciences*, 3, 83-92. (양병곤 (1998). 성도 변형에 따른 모음 포먼트 변화 고찰. *음성과학*, 3, 83-92.)
- [17] Cho, S. (2003). An Acoustic Study of Korean Vowel System. *Journal of Korean Language and Culture*, 24, 427-441. (조성문 (2003). 현대 국어의 모음 체계에 대한 음향음성학적인 연구. *한국언어문화*, 24, 427-441.)

• **허승덕 (Heo, Seungdeok)** 교신저자
대구대학교 재활과학대학 언어치료학과
38453 경북 경산시 진량읍 대구대로 201
Tel: 053-850-4326 Fax: 053-850-4329
E mail: audiolog@daegu.ac.kr
관심분야: 청각학, 음성학, 청신경전기생리

• **강희라 (Kang, Huira)**
대구대학교 대학원 재활과학과 언어치료전공
38453 경북 경산시 진량읍 대구대로 201
E mail: hrkang0609@hanmail.net
관심분야: 청각언어재활, 언어병리학, 음성학