

영어전설고모음 인식에 대한 ERP 실험연구:  
한국인과 영어원어민을 대상으로  
An ERP Study of the Perception of English High Front Vowels  
by Native Speakers of Korean and English

윤 영 도)  
Yun, Yungdo

ABSTRACT

The mismatch negativity (MMN) is known to be a fronto-centrally negative component of the auditory event-related potentials (ERP). Näätänen et al. (1997) and Winkler et al. (1999) discuss that MMN acts as a cue to a phoneme perception in the ERP paradigm. In this study a perception experiment based on an ERP paradigm to check how Korean and American English speakers perceive the American English high front vowels was conducted. The study found that the MMN obtained from both Korean and American English speakers was shown around the same time after they heard F1s of English high front vowels. However, when the same groups heard English words containing them, the American English listeners' MMN was shown to be a little faster than the Korean listeners' MMN. These findings suggest that non-speech sounds, such as F1s of vowels, may be processed similarly across speakers of different languages; however, phonemes are processed differently; a native language phoneme is processed faster than a non-native language phoneme.

**Keywords:** English, high front vowel, perception, response, ERP, MMN

1. 서 론

제2언어 학습에 대해 많은 연구가 있었다. 예를 들어, 제2언어 발화와 인식에 대하여 Lado(1957)의 대조분석가설(Contrastive Analysis Hypothesis), Flege(1995)의 발화학습모델(Speech Learning Model), Best(1995)의 인식동화모델(Perceptual

Assimilation Model) 등 여러 모델들이 제안되었다. 이 모델들의 공통점은, 학습자들이 제 2언어를 발화하고 인식할 때 모국어의 영향을 받는다는 것이다. 한국인들의 영어 학습에서도 한국어에 없는 영어발음을 배울 때 모국어인 한국어의 영향을 받는다는 연구가 보고되고 있다. 그중에서 영어전설모음 /i/와 /ɪ/에 대한 필자의 연구(Yun, 2005)에 따르면, 미국영어 원어민들은 포먼트에 의존해서 이 모음들의 차이를 구분하지만, 한국어 원어민들은 이 모음들의 포먼트의 차이를 구분하지 못한다고 한다.

1) 동국대학교-서울, yungdoyun@dongguk.edu

이 논문은 2009년도 정부재원(교육과학기술부 인문사회 연구역량강화 사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음 (KRF-2009-32A-A00138). 이 논문작성을 위한 실험을 도와준 황유미, 정원일, 나운주, 이현우, 정승원선생님께 감사드린다. 이 논문 초고의 일부는 2012년 5월 18일 한국음성학회 봄 학술대회와, 2012년 6월 30일 The 1st World Congress of Scholars of English Linguistics에서 발표되었다.

접수일자: 2013년 7월 24일  
수정일자: 2013년 8월 23일  
게재결정: 2013년 9월 23일

지난 20세기 후반부터 언어연구의 폭이 넓어지면서 다양한 실험을 통한 연구가 이루어지고 있다. 그중에서 사건관련전위(Event-related Potentials, ERP) 실험이 언어연구에 접목되어서 그 성과들이 나오고 있다. ERP 연구는 실험에 참여한 피험자들에게서 얻은 뇌파를 이용한 언어연구이다. 음성에 관한 ERP 연구에 사용되고 있는 뇌파의 성분(component)중에서 널리 활용되고 있는 것이 Mismatch Negativity(MMN)이다. 이것은 음성신

호의 변화에 대한 반응으로 나오는 부적전위(negative amplitude) 뇌파이다. 이것은 주로 두피(scalp)의 앞과 중앙 부위에 이르는 영역(fronto-central region)에서 나오는 것으로 알려져 있다(Näätänen et al., 1997; Choer et al., 1998). MMN 실험에 참여하는 피험자는 책읽기나 비디오 시청 등에 집중하도록 요청받는다. 피험자들이 이에 집중하는 동안 헤드폰을 통해서 음성신호를 계속 흘러들게 된다. 그리고 이 음성신호에는 전혀 신경 쓰지 말라고 지시받는다. 피험자는 나중에 자신이 읽고 있는 책이나 시청하고 있는 비디오 등을 이해했는지 확인하는 테스트를 받아야 하기 때문에 음성신호에 집중할 수 없다. 실험이 끝나면 이렇게 수집한 전체 피험자들의 뇌파들을 모아서 평균을 낸 것이 MMN이다. MMN이 음성실험에서 그 과학성을 인정받고 널리 활용되고 있는 이유는, 한 언어의 모국어 화자가 가지고 있는 linguistic competence(모국어 화자의 무의식적 언어지식)를 확인할 수 있다는 점이다. 본 연구에서도 MMN을 이용한 실험을 통해서 한국어원어민들과 미국영어원어민들의 미국영어 전설고모음의 인식여부를 확인할 것이다.

MMN에 관한 선행연구들 중에는 핀란드어와 에스토니아어 화자들의 모음인식에 관한 연구가 많이 보고되어 있다. 핀란드어 중모음(mid vowels)은 /e, ö, o/가 있고, 에스토니아어 중모음은 /e, õ, o/가 있다. Näätänen et al.(1997)은 핀란드어와 에스토니아어 원어민들에게 책을 읽게 하고, 이들이 책읽기에 집중하고 있는 동안 음성합성을 통해서 만든 모음 /e, ö, o/를 헤드폰을 통해서 들려주었다. 아래의 그림은 이들에게서 얻은 뇌파그래프를 필자가 다시 그린 것이다. 아래의 뇌파 그래프에서 수평선을 기준으로 위는 부적전위(음극방향의 진폭)를, 아래는 정적전위(양극방향의 진폭)를 나타낸다. 아래 그래프에서 [e/õ]는 두 언어에 존재하지 않고, 저자들이 합성을 통해 만든 모음으로써 /e/보다는 후설모음이고 /õ/보다는 전설모음이다. 전압의 단위는 마이크로볼트( $\mu V$ )이다.

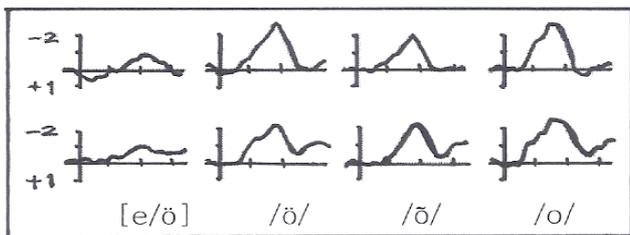


그림 1. 핀란드어 원어민들(위 그림)과 에스토니아어 원어민들(아래 그림)이 중모음들을 들을 때 얻은 MMN  
 Figure 1. MMNs obtained from native speakers of Finnish (above) and Estonian (bottom) while they were hearing midvowels

<그림 1>에서 보듯이 에스토니아어 원어민들은 모국어에 없는 [e/õ]를 들을 때는 진폭이 낮은 뇌파를 보여주지만, 모국어에 있는 /ö, õ, o/를 들을 때는 모두 진폭이 높은 뇌파를 보여주었다. 이는 에스토니아어 원어민들이 모국어에 있는 모음들에 반

응해서 뇌파의 진폭이 높게 나온 것이다.

또한 핀란드어 원어민들도 역시 모국어에 없는 [e/õ]를 들을 때는 진폭이 낮은 뇌파를 보여주지만, 모국어에 있는 /ö, o/를 들을 때는 진폭이 높은 뇌파를 보여주었다. 하지만 모국어에 없는 /õ/를 들을 때는 다른 모음들보다 진폭이 낮은 뇌파를 보여주었다.

이로 미루어 볼 때 모국어의 모음에 대해서 화자들의 뇌는 민감하게 반응하지만, 모국어에 없는 모음에 대해서는 그렇지 않다는 것을 알 수 있다. 이런 뇌파가 피험자들이 책읽기에 집중하고 이 모음들에 듣는 것에는 집중하지 않고 있는 동안에 나왔다는 점이 이 실험의 과학적인 측면이라고 할 수 있다. 이는 피험자들의 모국어 음소에 대한 linguistic competence를 반영한다는 점에서 그 가치를 인정할 수 있다.

Choer et al.(1998)은 핀란드 유아들을 대상으로 MMN 실험을 했다. 생후 6개월된 핀란드 유아들은 핀란드어의 /ö/를 들을 때보다 에스토니아어 /õ/를 들을 때 부적전위가 더 높았다. Choer et al.에 따르면, 이것은 생후 6개월된 아이에게는 이 두 모음의 차이가 모국어로 습득된 음소의 차이로 인식된 것이 아니고, 단지 서로 다른 소리의 물리적 차이(acoustic difference)일 뿐이기 때문이라고 해석된다. 그런데, 이 유아들이 12개월이 되었을 때의 결과는 전혀 달랐다. 이들은 핀란드어에 없는 /õ/를 들을 때보다 핀란드어에 있는 /ö/를 들을 때 부적전위가 더 높았다. 이로 미루어 볼 때, 음소기억의 형성은 생후 6개월에서 12개월 사이에 이루어진다고 볼 수 있다.

Winkler et al.(1999)은 핀란드에서 살고 있는 헝가리어 화자들을 대상으로 MMN 실험을 했다. 핀란드 거주 기간이 짧은 헝가리어 화자들은 핀란드어 /e/와 /ä/의 차이를 들을 때 부적전위의 진폭의 차이가 없었다. 그런데 핀란드에서 수년간 거주한 헝가리어 화자들은 이 두 핀란드어 모음들을 들을 때 분명한 부적전위의 차이가 있었다. 이는 제2언어 발음습득과 제2언어가 사용되는 국가에서 거주하는 기간이 서로 비례관계에 있다는 것이 MMN 실험을 통해서 검증되었다고 할 수 있다.

## 2. 미국영어원어민들과 한국인들의 미국영어 전설고모음 인식에 대한 MMN 실험

필자는 본 연구를 위한 실험을 하기 위해 음성합성 기술을 이용해서 미국영어 전설고모음 /i/와 /ɪ/를 만들었다. 또한 이 두 모음들의 F1도 역시 음성합성기술을 이용해서 만들었다. 그리고 미국영어원어민들과 한국어원어민들이 이것들을 듣는 동안에 보여주는 뇌파를 비교 분석해 보고자 한다. 본 연구의 목적은 원어민화자들과 외국어화자들이 이 음소들을 인식할 때 어떻게 다른지 뇌파분석을 통해서 확인해 보고, 이를 통해 화자들의 linguistic competence를 확인하고자 하는 것이다.

2.1 음성자극 합성

실험에 사용한 음성자극(stimuli)은 두 개의 그룹으로 이루어져 있다. 한 그룹은 말소리(음소)가 아닌 음성자극들로서, 모음 /i/와 /ɪ/의 F1으로 구성되어 있다. 다른 그룹은 이 모음들이 들어 있는 단어 heed와 hid로 구성되어 있다. 물론 heed와 hid는 포먼트만 다르고, 각 분절음들(/h/, 모음 /i/ 혹은 /ɪ/, 그리고 /d/)의 길이와 피치패턴은 모두 같다.

필자는 먼저 미국영어원어민 남성화자 1명에게서 영어단어 heed(/hid/)와 hid(/hrd/)를 녹음했다. 이 화자는 녹음 당시 청각과 발화에 이상이 없는 미시간 출신의 45세 화자였다. 필자는 또한 미국영어 남성화자들 10명에게 이 모음들을 발화하게 했더니, 이 모음들의 평균 길이가 231밀리초(ms)였다. 그래서 Praat(Boersma & Weenik, 2009)을 이용해서 이 모음들의 길이를 231밀리초로 조작했다(manipulated). 또한 heed와 hid의 피치도 똑같이 조작했다.

또한 미국영어화자들의 평균적인 발화와 같게 하기 위해서 Peterson & Barney(1952)의 실험에서 얻은 결과를 이용했다. 이들은 미국영어 원어민들이 발화한 영어모음들의 포먼트 평균값을 측정했는데, 이들이 측정한 남성화자들의 /i/와 /ɪ/의 포먼트 평균값은 아래의 표와 같다.

표 1. 미국영어 모음 /i/와 /ɪ/의 포먼트값(Hz)

Table 1. Formants (Hz) of American English /i/ and /ɪ/

	/i/	/ɪ/
F1	270	390
F2	2290	1990
F3	3010	2550

필자는 Praat을 이용해서 이미 녹음한 단어들 heed와 hid의 포먼트를 위의 표에 나온 포먼트값으로 조작했다(manipulated).

필자는 또한 Praat을 이용해서 이 모음들의 F1만 따로 합성해서 길이를 231밀리초(ms)가 되게 했다. 그리고 이것도 실험에 사용했다.

2.2 실험참가자들

이 실험에는 미국영어원어민들 11명과 한국어원어민들 18명이 참가했다. 아래의 표는 참가자들에 대한 정보이다.

표 2. 실험참가자들에 대한 정보

Table 2. Information for Participants

원어	성별	인원수	나이	성장한 곳
영어	남	7	33 - 52, 평균 = 41	미국
	여	4	30 - 50, 평균 = 40	미국
한국어	남	10	20 - 27, 평균 = 23	한국
	여	8	20-25, 평균 = 22	한국

실험에 참가할 당시 미국영어원어민들은 동국대학교의 영어회화교수들이었다. 이들은 모두 미국에서 태어나 성장기를 보냈고 적어도 대학까지 졸업했다. 한국어원어민들은 동국대학교 학생들이었고, 한국에서 태어나 성장기를 보냈다. 실험에 참가한 사람들은 모두 오른손잡이였고, 청각이상이나 시각이상으로 치료를 받은 적이 없는 사람들이었다.

2.3 실험절차

실험을 시작하기 전에 피험자들은 인적사항을 작성하고, 실험에 관한 설명을 들었다. 이들은 눈깜빡임이 뇌파수집에 영향을 미치므로 이를 자제해야 한다는 주의사항을 들었고, 오직 비디오 시청에만 집중하고 헤드폰에서 들리는 소리는 무시하도록 지시받았다. 그리고 뇌파수집을 위한 전극이 붙어 있는 모자를 썼다. 각 전극에는 젤을 주입해서 두피(scalp)와 전극이 닿도록 했다.

실험이 시작되면 미국영어원어민들과 한국어원어민 피험자들은 비디오(라퐁젤, 2010년 월트 디즈니 제작 애니메이션)를 시청하기 시작했다. 이들은 비디오 시청에 집중했고, 시청이 끝난 후 이 비디오의 내용을 이해했는지 확인하는 시험(comprehension test)을 치렀다. 실험을 시작하기 전, 이 시험문제의 90% 이상을 맞춘 피험자들에게서 얻은 뇌파만 실험에 사용하기로 했는데, 피험자들 모두 90% 이상의 점수를 받았다.

피험자들이 시청한 비디오는 소리가 나오지 않고 화면만 보도록 되어 있었다. 이들이 비디오에 집중하고 있는 동안 헤드폰(Sennheiser PC350)을 통해서 2초 간격으로 음성자극이 흘러나왔다. 이 음성자극은 모두 E-Prime(version 2.0)을 통해서 무작위로 들려주었다.

두 가지 종류의 실험이 진행되었는데, 첫 번째 실험은 모음의 F1을 듣는 실험이었고, 두 번째 실험은 영어단어 heed(/hid/)와 hid(/hrd/)를 듣는 실험이었다. 첫 번째 실험에서 사용한 음성자극은 640개였다. 표준음성자극(standard stimuli, 실험에서 피험자들이 주로 듣는 소리를 말함)인 /i/의 F1을 480번(전체의 88.9%) 들려주고, 비표준음성자극(deviant stimuli, 실험에서 피험자들이 간헐적으로 듣는 소리를 말함)인 /ɪ/의 F1을 60번(전체의 11.1%) 들려주었다. 피험자들이 비디오 시청에 집중하고 있는 동안에 헤드폰을 통해서 주로 흘러들리는 소리가 표준음성자극이다. 피험자들은 이것에 익숙해져 있게 된다. 그러다가 가끔씩 비표준음성자극을 듣게 되는데, 이때 피험자들의 뇌파가 어떤 변화를 보이는지를 확인하는 것이 이 실험을 디자인한 의도이다.

두 번째 실험에서 사용한 음성자극도 역시 640개였다. 표준음성자극(standard stimuli)인 heed(/hid/)를 480번(전체의 88.9%) 들려주고, 비표준음성자극(deviant stimuli)인 hid(/hrd/)를 60번(전체의 11.1%) 들려주었다. 이 실험에서도 표준음성자극 heed에 익숙해져 있는 피험자들이 비표준음성자극 hid를 들을 때 뇌파

가 어떻게 변하는지를 확인할 의도로 실험을 디자인했다.

첫 번째 실험과 두 번째 실험 사이의 휴식은 약 5분이었다. 비디오를 보면서 모음들의 F1과, 영어단어 heed와 hid를 듣는 두 실험을 위해 소요된 시간은 약 30분 정도였다. 그리고, 실험이 시작되기 전의 기타 소요시간과 실제 실험시간을 모두 합치면 각 피험자당 총 55분정도의 시간이 소요되었다.

2.4 뇌파 기록 및 분석

뇌파(Electroencephalography: EEG)를 측정하기 위해 Ag-AgCl 전극이 10-20 체계에 의해 부착되어 있는 모자(Quick Cap)을 사용했다. 두피에 부착된 전극 외에 안구의 움직임과 눈깜빡임을 측정하기 위해 수평안구전도(horizontal electrooculogram: HEOG)와 수직안구전도(vertical electrooculogram: VEOG)를 적용하여 양쪽 눈 가장자리와 왼쪽 눈 위와 아래에 전극을 부착했다. 기준전극(reference)은 왼쪽과 오른쪽의 유양돌기(mastoid)에 부착했고, 전극전항은 5KΩ 이하로 유지했다. 두피전위는 전체 실험 과정 동안 연속적으로 Neuroscan SynAmp2 amplifier를 통해 수집되고 증폭되었다. 실험에 사용된 전극 봉타주는 아래의 그림과 같다.

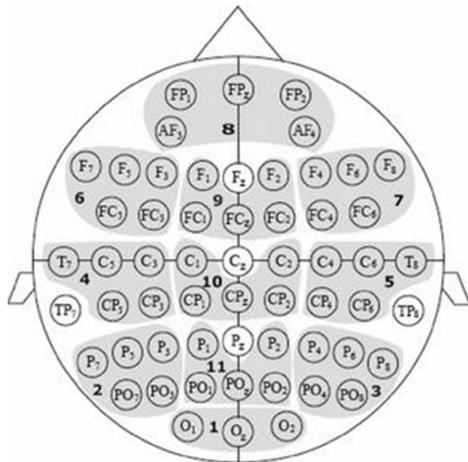


그림 2. 뇌파기록을 위해 사용한 전극  
Figure 2. Electrodes used for EEG recording

뇌파수집을 위한 표집률(sampling rate)은 250Hz였다. 뇌파수집과 관련한 필터링(filtering)으로 밴드패스(band pass)는 0.1 - 30Hz였다. 측정된 뇌파는 EEGLAB(version 9.0.2.2b)을 이용해서 분석했다. 목표음성자극(stimuli)은 뇌파측정을 하기 200밀리초(ms) 전에 제시했고, 분석구간은 1000밀리초의 시간폭(epoch)을 설정했다. 수집된 시간창(time window) 안의 안구전도(EOG)가 100µV 이상인 시행은 제거했다. 그리고 참가자별, 측정부위별 평균 ERP를 구해서 분석했다. 이 과정 중에 심한 전기적 잡음으로 인해 제외된 피험자는 없었다.

2.5 예상되는 실험결과

본 실험은 영어원어민화자들과 한국어원어민화자들을 대상으로 한 MMN 실험이다. 피험자들이 비디오 시청에 집중하고 있는 동안 이들이 쓰고 있는 헤드폰에서는 2초 간격으로 음성 신호가 흘러나온다. 실험은 두 가지가 행해졌다. 첫 번째 실험은 모음 /i/와 /ɪ/의 F1을 듣는 것이다.

이 실험에서 피험자들이 듣는 것은 모음이나 단어가 아니라 피치가 다른 231밀리초의 '뽀(beep)' 소리이다. 이 소리들의 차이는 모음의 차이처럼 높낮이나 전후의 차이가 아니라 단지 피치의 차이일 뿐이다. 이는 마치 피아노 건반으로 '도'와 '솔'의 차이를 듣는 것처럼 언어와는 관계없다. 굳이 모음 /i/와 /ɪ/의 F1이 아니라도, 피치의 차이가 있는 아무 소리를 가지고 행해도 비슷한 결과가 나올 것이라고 예상되는 실험이다. 다시 말하면 이 F1의 차이는 단지 소리의 물리적 차이(acoustic difference)일 뿐, 화자들이 모국어와 외국어 음소(모음이나 자음)의 차이를 구분하는데 사용되는 말소리가 아니라는 것이다.

이 실험의 목적은 비언어적인 소리의 변화에 대해 화자들의 뇌가 어떻게 반응하는지 확인해 보고자 하는 것이다. 필자의 예상으로는 아마도 영어원어민이들이나 한국어원어민들 모두 음성신호를 들은 후 뇌파의 진폭의 변화가 생기는 시간대가 비슷할 것으로 보인다. 이는 우리가 언어와 관계없이 음악의 음계를 구분할 수 있는 것과 비슷한 원리로 피치를 구분할 수 있기 때문이다.

두 번째 실험은 영어 모음 /i/와 /ɪ/가 들어 있는 heed(/hid/)와 hid(/hid/)를 듣는 것이다. 이 실험은 첫 번째 실험과 다르게, 화자들이 영어의 모음의 차이를 인식하는지 확인할 수 있는 실험이다. 특히 모음 /ɪ/는 한국어에 존재하지 않는다고 알려진 모음이다. 이 실험의 목적은 모국어 모음들의 차이에 대해서 보여주는 영어원어민들의 뇌파와, 외국어 모음들의 차이에 대해서 보여주는 한국어원어민들의 뇌파의 차이를 비교 분석해 보는 것이다.

필자의 예상으로는 아마도 미국영어원어민들이 모국어 모음들의 차이를 듣고서 뇌파의 진폭의 변화가 생기는 시간이, 한국어원어민들이 이 모음들의 차이를 듣고서 뇌파의 진폭의 변화가 생기는 시간보다 더 빠를 것으로 보인다. 왜냐하면 미국영어원어민들은 모국어 음소를 듣는 것이니까 음성처리(speech processing) 시간이 빠를 것이고, 한국어원어민들은 외국어 음소를 듣는 것이니까 음성처리 시간이 느릴 것으로 예상되기 때문이다.

3. MMN 실험결과 및 토론

첫 번째 실험은 비언어적 차이를 구분하는 실험인 영어모음 /i/와 /ɪ/의 F1의 차이를 구분하는 실험이다. 이 실험의 결과는

다음과 같다.

### 3.1 F1 청취 실험 결과 및 토론

실험결과, 미국영어원어민들이 F1의 차이를 들을 때, 두피 (scalp)의 앞쪽과 중앙부분에 이르는 영역(fronto-central region)의 전극들에서 반응이 나타났다. 아래의 <그림 3>은 두 피 앞쪽의 전극 Fz에서 얻은 뇌파그래프이다. 그림에서 점선과 실선이 이어진(---) 그래프는 표준음성자극(standard stimuli)인 /i/의 F1을 들을 때 얻은 뇌파이고, 점선(.....)은 비표준음성자극(deviant stimuli)인 /ɪ/의 F1을 들을 때 얻은 뇌파이고, 실선(—)은 비표준음성자극에서 표준음성자극 그래프를 빼 값으로 만들어진 그래프이다. 이를 Mismatch Negativity (MMN)이라고 한다. 그림에서 부정전위(negativity amplitude)는 수평선의 위쪽에 표시되어 있다.

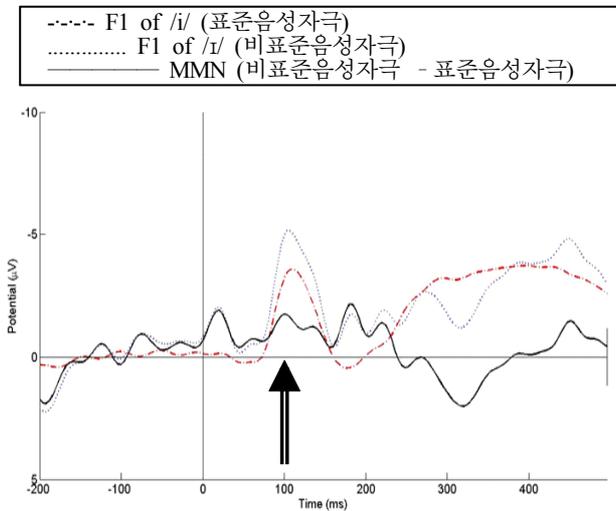


그림 3. 미국영어원어민들이 모음 /i/와 /ɪ/의 F1을 들을 때 얻은 뇌파그래프

Figure 3. MMNs obtained from native speakers of American English while they were hearing F1s of /i/ and /ɪ/

<그림 3>에서 보듯이 미국영어원어민들은 표준음성자극과 비표준음성자극을 들은 후 약 100밀리초(ms)가 지난 후에 뇌파의 진폭이 높아졌다. 그리고 이것들의 차이인 MMN 역시 약 100밀리초가 지난 후 나타났다. 이 시점에서 표준음성자극의 진폭은 약  $-3.3\mu\text{V}$ (마이크로볼트, 100만분의 1볼트)이고, 비표준음성자극의 진폭은 약  $-5\mu\text{V}$ 이고, MMN은 약  $-1.7\mu\text{V}$ 이다. 이로 미루어 볼 때 미국영어원어민들의 뇌가 비언어적 음성신호인 모음의 F1(‘ㅁ’ 소리의) 피치의 변화에 무의식적으로 반응하는 시간은 약 100밀리초라고 할 수 있다. 이들이 두 F1의 차이를 구분했는지 확인하기 위해서 t-test를 해 보았더니  $t(10) = -2.959$ ,  $p = 0.014$ 로 통계적으로 그 차이를 구분한 것이 검증되었다.

<그림 4>는 미국영어원어민들이 /i/와 /ɪ/의 F1의 차이를 들을 때 두피(scalp) 전극이 활성화되는 모습을 나타낸 뇌지형도(topography)이다. 이 그림은 피험자들이 음성자극들을 들은 후 100밀리초를 기준 시점으로 해서 50 - 150밀리초 동안의 두피의 활성화 정도를 평균해서 만들어진 그림이다. 그림의 명도는 비표준음성자극인 /ɪ/의 F1에서 표준음성자극인 /i/의 F1을 빼 값을 나타낸다. 피험자들은 표준음성자극인 /i/의 F1에 익숙해져 있다가 가끔씩 비표준음성자극인 /ɪ/의 F1을 들을 때 뇌가 민감하게 반응한다. 이때 뇌가 민감하게 반응할수록(즉, 활성화될수록) 색깔은 더 짙게 나타난다.

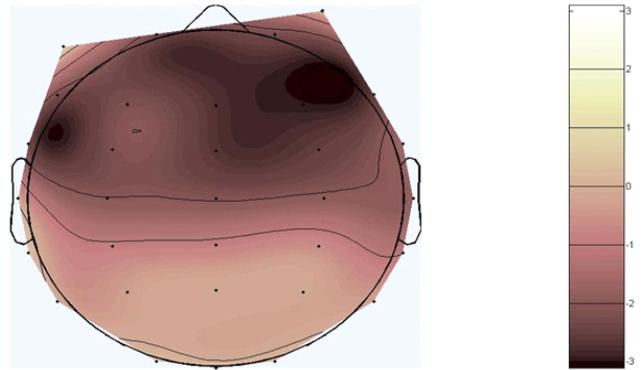


그림 4. 미국영어원어민들이 모음 /i/와 /ɪ/의 F1을 들을 때 얻은 뇌지형도

Figure 4. Topography obtained from native speakers of American English while they were hearing F1s of /i/ and /ɪ/

<그림 4>의 뇌지형도에서 볼 수 있듯이, 미국영어원어민들의 두피는 앞쪽에서부터 중앙부분에 이르는 영역(fronto-central region)이 활성화 되는 것으로 나타났다. 특히 비교적 두피의 양쪽 앞부분은 비표준음성자극을 들을 때와 표준음성자극을 들을 때의 차이가  $-3\mu\text{V}$  이상으로 활성화 된 것으로 나타났다. 그러므로 미국영어원어민들이 비언어적 음성신호인 모음의 F1(‘ㅁ’ 소리의) 피치의 변화에 민감하게 반응하는 두피의 영역은 두피의 앞쪽에서 중앙에 이르는 영역이라는 것이 검증되었다. 이는 핀란드어에 관한 선행연구(Näätänen et al., 1997; Choer et al., 1998)에서도 이미 보고된 바 있다.

다음은 한국어원어민들이 이 비언어적 음성자극에 대해서 어떤 뇌파반응을 보이는지 살펴보겠다. 한국어원어민들도 역시 미국영어원어민들과 마찬가지로, F1의 차이를 들을 때 두피 (scalp)의 앞쪽과 중앙부분에 이르는 영역(fronto-central region)의 전극들에서 반응이 나타났다. 아래의 <그림 5>는 두피 앞쪽의 전극 Fz에서 얻은 뇌파그래프이다. 그림에서 부정전위(negativity)는 수평선의 위쪽에 표시되어 있다.

<그림 5>에서 볼 수 있듯이 한국어원어민들도 미국영어원어민들과 마찬가지로, 표준음성자극인 영어모음 /i/의 F1과 비표준음성자극인 영어모음 /ɪ/의 F1을 듣고 약 100밀리초가 지난 후

에 뇌파의 진폭이 높아졌다. 또한 이것들의 차이인 MMN도 약 100밀리초가 지난 후 나타났다. 이 시점에서 표준음성자극의 진폭은 약  $-4\mu\text{V}$ 이고, 비표준음성자극의 진폭은 약  $-6.2\mu\text{V}$ 이다. MMN의 진폭은  $-2.4\mu\text{V}$ 이다. 이는 한국인들도 미국영어원어민들처럼 비언어적 음성신호인 ‘빠-’ 소리를 듣고 약 100밀리초가 지난 후 뇌가 무의식적으로 반응을 한 것이라고 할 수 있다. 이들이 두 F1의 차이를 구분했는지를 t-test를 통해서 확인해 보았더니,  $t(17) = -3.944, p = 0.001$ 로 통계적으로 그 차이를 구분한 것이 검증되었다. 또한 미국영어원어민들과 한국어원어민들의 MMN을 t-test로 비교해 보았더니,  $t(27) = 0.198, p = 0.845$ 로 두 화자 집단간에 통계적인 차이가 있다고 말할 수 없었다.

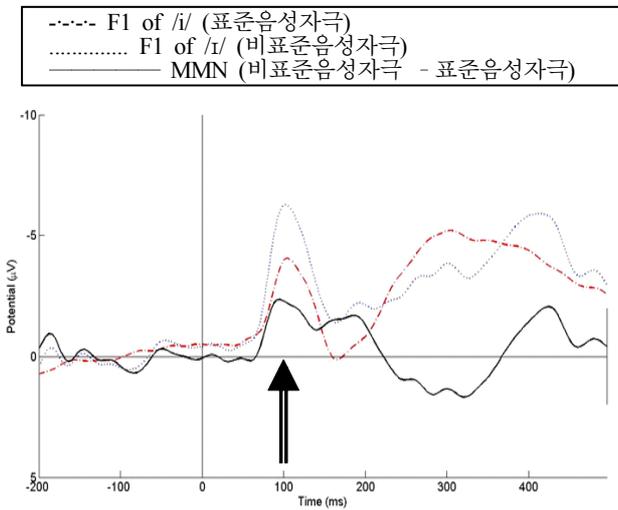


그림 5. 한국어원어민들이 모음 /i/와 /ɪ/의 F1을 들을 때 얻은 뇌파그래프

Figure 5. MMNs obtained from native speakers of Korean while they were hearing F1s of /i/ and /ɪ/

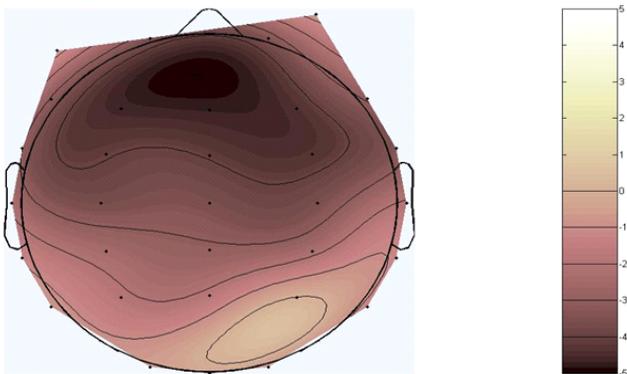


그림 6. 한국어원어민들이 모음 /i/와 /ɪ/의 F1을 들을 때 얻은 뇌지형도

Figure 6. Topography obtained from native speakers of Korean while they were hearing F1s of /i/ and /ɪ/

<그림 6>은 한국어원어민들이 비언어적 음성신호인 /i/와 /ɪ/의 F1의 차이를 들을 때 두피(scalp) 전극이 활성화되는 모습을 나타낸 뇌지형도(topography)이다. 이 그림은 피험자들이 음성자극들을 들은 후 100밀리초를 기준 시점으로 해서 50 - 150밀리초 동안의 두피의 활성화 정도를 평균해서 만들어진 그림이다.

<그림 6>의 뇌지형도에 볼 수 있듯이, 한국어원어민들의 두피는 앞쪽에서부터 중앙부분에 이르는 영역(fronto-central region)이 활성화 되는 것으로 나타났다. 특히 두피의 앞부분은 비표준음성자극을 들을 때와 표준음성자극을 들을 때의 차이가  $-5\mu\text{V}$  이상으로 활성화 된 것으로 나타났다. 그러므로 한국인들도 역시비언어적 음성신호인 모음의 F1(‘빠-’ 소리)의 피치의 변화에 민감하게 반응하는 두피의 영역은 두피의 앞쪽에서 중앙에 이르는 영역이라는 것이 검증되었다.

미국영어원어민들과 한국어원어민들의 뇌지형도를 비교해 볼 때, 미국영어원어민들은 두피 앞쪽의 좌우가 모두 민감하게 반응하는 반면, 한국어원어민들은 앞쪽 중앙부분이 특히 민감하게 반응한다는 점이 다르다고 할 수 있다. 또한, 한국어원어민들이 미국영어원어민들보다 두 피치의 차이에 더 민감하게 반응한다는 점이 특이하다고 할 수 있다. 하지만 두 그룹의 화자들 모두 핀란드어에 관한 선행연구와 마찬가지로 두피의 앞쪽에서 중앙에 이르는 영역이 활성화된다는 점은 공통점이라고 할 수 있다.

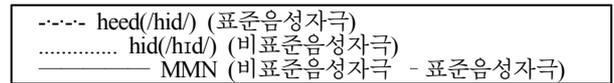


그림 7. 미국영어원어민들이 heed(/hid/)와 hid(/hrd/)를 들을 때 얻은 뇌파그래프

Figure 7. MMNs obtained from native speakers of American English while they were hearing heed(/hid/) and hid(/hrd/)

### 3.2 단어 청취 실험 결과 및 토론

이 실험에서 표준음성자극(standard stimuli)은 모음 /i/가 들어 있는 영어단어 heed이고, 비표준음성자극은 모음 /ɪ/가 들어 있는 영어단어 hid이다. 실험결과, 미국영어원어민들이 이 단어들의

차이를 들을 때, 두피(scalp)의 중앙부분에 있는 전극들에서 반응이 나타났다. 특히 중앙에서 약간 앞쪽에 있는 전극들이 다른 전극들보다 조금 더 민감한 반응을 나타냈다. <그림 7>은 미국 영어원어민들이 이 두 영어단어를 들을 때 두피 앞쪽의 전극 Fz에서 얻은 뇌파그래프이다. 그림에서 점선과 실선이 이어진 (---) 그래프는 표준음성자극(standard stimuli)인 heed(/hid/)를 들을 때 얻은 뇌파이고, 점선(.....)은 비표준음성자극(deviant stimuli)인 hid(/hrd/)를 들을 때 얻은 뇌파이고, 실선(—)은 비표준음성자극에서 표준음성자극 그래프를 뺀 값인 Mismatch Negativity (MMN)이다. 그림에서 부적전위(negative amplitude)는 수평선의 위쪽에 표시되어 있다.

<그림 7>에서 보듯이 미국영어원어민들은 표준음성자극 heed와 비표준음성자극 hid를 들은 후 약 180밀리초(ms)가 지난 후에 뇌파의 진폭이 높아졌다. 그리고 이들의 차이인 MMN 역시 약 180밀리초가 지난 후 나타났다. 이 시점에서 표준음성자극의 진폭은 약 +0.5 $\mu$ V(마이크로볼트)이고, 비표준음성자극의 진폭은 약 -1.7 $\mu$ V이고, MMN은 약 -2.2 $\mu$ V이다. 이로 미루어 볼 때 미국영어원어민들의 뇌가 영어단어 heed와 hid의 모음의 차이에 무의식적으로 반응하는 시간은 약 180밀리초라고 할 수 있다. 이들이 두 단어의 모음의 차이를 구분했는지 확인하기 위해서 t-test를 해 보았더니  $t(10) = -0.425, p = 0.680$ 으로 통계적으로는 그 차이를 구분한 것이 검증되지 않았다.

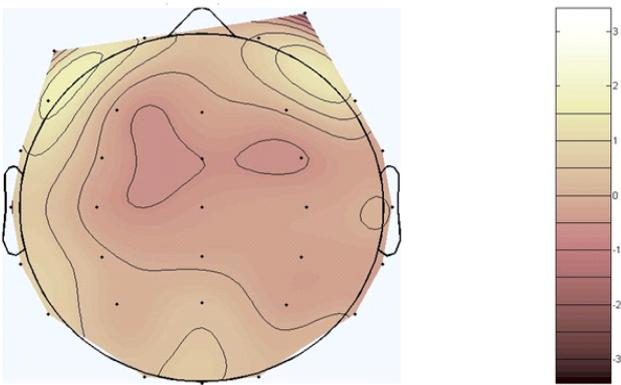


그림 8. 미국영어원어민들이 heed(/hid/)와 hid(/hrd/)를 들을 때 얻은 뇌지형도

Figure 8. Topography obtained from native speakers of American English while they were hearing heed(/hid/) and hid(/hrd/)

<그림 8>은 미국영어원어민들이 영어단어 heed(/hid/)와 hid(/hrd/)의 차이를 들을 때 두피(scalp) 전극이 활성화되는 모습을 나타낸 뇌지형도(topography)이다. 이 그림은 피험자들이 음성자극들을 들은 후 180밀리초를 기준 시점으로 해서 130 - 230밀리초 동안의 두피의 활성화 정도를 평균해서 만들어진 그림이다. 그림의 명도는 비표준음성자극인 hid(/hrd/)에서 표준음성자극인 heed(/hid/)를 뺀 값을 나타낸다. 피험자들은 표준음성

자극인 heed에 익숙해져 있다가 가끔씩 비표준음성자극인 hid를 들을 때 뇌가 민감하게 반응한다. 이때 뇌가 민감하게 반응할수록(즉, 활성화될수록) 색깔은 더 짙게 나타난다.

<그림 8>의 뇌지형도에 볼 수 있듯이, 미국영어원어민들의 두피는 중앙의 약간 앞쪽부분을 중심으로 활성화되어 있다. 가장 활성화되어 있는 곳에서는 비표준음성자극을 들을 때와 표준음성자극을 들을 때의 차이가 약 -2 $\mu$ V 정도인 것으로 나타났다.

한국어원어민들은 영어단어 heed와 hid에 대해서 어떤 뇌파 반응을 보이는지 살펴보겠다. 한국어원어민들도 역시 미국영어원어민들과 마찬가지로, 이 단어들의 차이를 들을 때 두피(scalp)의 중앙부분에 있는 전극들에서 반응이 나타났다. 특히 중앙에서 약간 앞쪽에 있는 전극들이 다른 전극들보다 조금 더 민감한 반응을 나타냈다. <그림 9>는 한국어원어민들이 heed와 hid를 들을 때 두피 앞쪽의 전극 Fz에서 얻은 뇌파그래프이다. 그림에서 부적전위(negativity)는 수평선의 위쪽에 표시되어 있다.

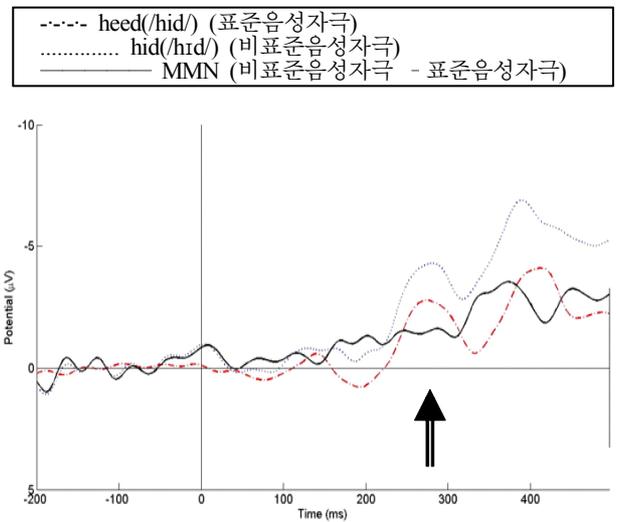


그림 9. 한국어원어민들이 heed(/hid/)와 hid(/hrd/)를 들을 때 얻은 뇌파그래프

Figure 9. MMNs obtained from native speakers of Korean while they were hearing heed(/hid/) and hid(/hrd/)

<그림 9>에서 보듯이 한국어원어민들은 표준음성자극과 비표준음성자극을 들은 후 약 280밀리초(ms)가 지난 후에 뇌파의 진폭이 높아졌다. 그리고 이들의 차이인 MMN 역시 약 280밀리초가 지난 후 나타났다. 이 시점에서 표준음성자극의 진폭은 약 -3 $\mu$ V이고, 비표준음성자극의 진폭은 약 -4.5 $\mu$ V이고, MMN은 약 -1.5 $\mu$ V이다. 이로 미루어 볼 때 한국어원어민들의 뇌가 영어단어 heed와 hid의 모음의 차이에 무의식적으로 반응하는 시간은 약 280밀리초라고 할 수 있다. 한국어원어민들이 두 단어의 모음의 차이를 구분했는지 확인하기 위해서 t-test를 해 보았다

니  $t(10) = -0.753$ ,  $p = 0.462$ 로 통계적으로는 그 차이를 구분한 것이 검증되지 않았다.

뇌파그래프의 결과를 놓고 보면, 외관상으로 미국영어원어민들과 한국어원어민들의 뇌파그래프의 결과는 차이가 있는 것으로 보인다. 이를 t-test로 비교해 보았더니,  $t(26) = 0.230$ ,  $p = 0.005$ 로 서로 통계적으로 차이가 있다는 것이 검증되었다. 한국어원어민들의 경우 미국영어원어민들보다 MMN이 약 100밀리초가 늦게 나타난 것이다. 이는 아마도 미국영어원어민들의 경우 모국어 음소의 차이를 들을 때 뇌에서 이 음성신호를 처리(speech processing)하는데 걸리는 시간이 짧고, 한국어원어민들의 경우에는 모국어가 없는 음소를 들으므로 이를 처리하는데 걸리는 시간은 길어서 이와 같은 결과가 나온 것으로 여겨진다.

<그림 10>은 한국어원어민들이 heed(/hid/)와 hid(/hɪd/)의 차이를 들을 때 두피(scalp) 전극이 활성화되는 모습을 나타낸 뇌지형도(topography)이다. 이 그림은 피험자들이 음성자극들을 들은 후 280밀리초를 기준 시점으로 해서 230 - 330밀리초 동안의 두피의 활성화 정도를 평균해서 만들어진 그림이다.

<그림 10>의 뇌지형도에 볼 수 있듯이, 한국어원어민들의 두피는 중앙의 약간 앞쪽부분을 중심으로 활성화되어 있다. 가장 활성화되어 있는 곳에서는 비표준음성자극을 들을 때와 표준음성자극을 들을 때의 차이가 약  $-1.5\mu V$  정도인 것으로 나타났다.

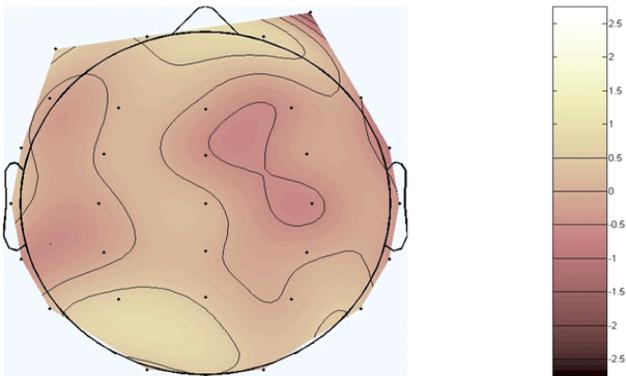


그림 10. 한국어원어민들이 heed(/hid/)와 hid(/hɪd/)를 들을 때 얻은 뇌지형도

Figure 10. Topography obtained from native speakers of Korean while they were hearing heed(/hid/) and hid(/hɪd/)

미국영어원어민들과 한국어원어민들을 비교해볼 때, 미국영어원어민들과 한국어원어민들 모두 두피의 중앙부분의 약간 앞쪽을 중심으로 활성화되었다는 점이 공통점이다. 하지만 미국영어원어민들의 경우 활성화가 많이 되는 부분이 중앙쪽에 치우친 반면, 한국어원어민들은 활성화가 많이 되는 부분이 중앙을 중심으로 양쪽으로 갈라진 점이 차이점이라고 할 수 있다. 아마도 이것이 모국어 음소를 들을 때와 외국어 음소를 들을 때 나타나는 두피반응의 차이일지도 모르겠다. 물론 이는 더 많은 언어를 대상으로 한 후속연구를 통해서 검증해 보아야 할

것이다.

#### 4. 결론

이 연구의 목적은 화자의 linguistic competence를 확인하는 것이었다. 이는 모국어화자가 가지고 있는 무의식적 언어지식이다. 본 실험에 참가한 미국영어원어민들과 한국어원어민들은 비디오에 집중하고 있는 동안 헤드폰을 통해서 비언어적인 ‘빠-’ 소리인 /i/와 /ɪ/의 F1을 들었다. 이 두 그룹 모두 MMN이 나타나는 시간이 약 100밀리초로 동일했다. 이렇듯이 우리의 뇌가 비언어적인 음성신호(simple acoustic sounds)를 처리하는 시간은 모국어의 종류와 관계없이 동일한 것으로 보인다. 그리고 비언어적 음성신호를 처리하는 동안 두피가 활성화되는 영역은 앞쪽에서 중앙에 이르는 영역(fronto-central region)인 것이 선행연구와 마찬가지로 검증되었다.

하지만 영어모음 /i/와 /ɪ/가 들어 있는 단어 heed와 hid를 들을 때는 다른 결과가 나왔다. 미국영어원어민들의 경우 MMN이 약 180밀리초였고, 한국어원어민들의 경우 MMN이 약 280밀리초였다. 이로 미루어 볼 때 뇌에서 모국어 음소를 듣고 처리하는(speech processing)데 걸리는 시간이 모국어 음소가 아닌 발음을 듣고 처리하는데 걸리는 시간보다 짧다는 것을 알 수 있다. MMN의 진폭도 미국영어원어민들의 경우  $-2.2\mu V$ 이고, 한국어원어민들의 경우  $-1.5\mu V$ 로 차이가 있었다. 이는 선행연구에서 확인했듯이 모국어 음소에 우리의 뇌가 더 민감하게 반응하기 때문일 것이다.

비언어적 음성신호인 F1을 들을 때나 언어적 음성신호인 영어단어를 들을 때 모두 두피의 중앙에서 앞쪽에 이르는 영역이 활성화되었다. 그런데 비언어적인 소리를 들을 때가 언어적 소리를 들을 때보다 두피가 더 활성화된다는 것을 확인할 수 있었다. 비언어적 소리의 경우 뇌파의 진폭이 언어적 소리보다 더 높았다. 그리고 비언어적인 소리가 언어적 소리보다 처리되는 시간도 역시 훨씬 빠르다는 것을 확인했다. 이는 화자들의 모국어와 관계없이 동일하게 나타났다.

언어적인 소리인 영어단어 heed와 hid를 들을 때, 영어원어민들과 한국인들 모두 두피의 중앙보다 약간 앞쪽을 중심으로 활성화된다는 것을 확인했다. 그런데 미국영어원어민들의 경우 중앙쪽을 중심으로 활성화되었고, 한국어원어민들의 경우 활성화되는 영역이 중앙을 중심으로 양쪽으로 갈라진 것을 확인할 수 있었다. 영어와 한국어뿐만 아니라 여러 언어들을 대상으로 확인해 보아야 알 수 있겠지만, 이런 현상들은 모국어 음소와 외국어 발음을 들을 때 인간의 뇌에서 나타나는 공통된 현상일 수도 있다는 가정을 해 본다. 그러나 이는 많은 실험을 통해서 검증해 보아야 할 주제이다. 앞으로 후속연구를 진행한다면 이 점을 고려한 연구를 하고 싶다.

## 참고문헌

- Best, Catherine (1995). A direct realist view of cross-language speech perception. In W. Strange (ed.), *Speech perception and linguistic experience: Issues in cross-language research*. Baltimore, MD: York Press: 171-204.
- Boersma, Paul & Weenik, David (2009). Praat: doing phonetics by computer (Version 5.1.05) [Computer program]. Retrieved from <http://www.praat.org/> in May, 2009.
- Cheour, M. & Ceponiene, R. & Lehtokoski, A. & Luuk, A. & Allik, J. & Alho, K. & Näätänen, R. (1998). Development of language-specific phoneme representations in the infant brain. *Nature Neuroscience*, 1, 351-353.
- Flege, James (1995). "Second language speech learning theory, findings, and problems", In W. Strange (Ed.), *Speech perception and linguistic experience: Issues in cross-language research*, pp. 233-277. Baltimore, MD: York Press.
- Lado, Robert (1957). *Linguistics across cultures*. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Näätänen, R., Lehtokoski, A., Lennes, M., Cheour, M., Huotilainen, M., Livonen, A., Vainio, M., Alku, P., Ilmoniemi, R. J., Luuk, A., Allik, J., Sinkkonen, J., & Alho, K. (1997). Language-specific phoneme representations revealed by electric and magnetic brain responses. *Nature*, 385, 432-434.
- Peterson, G., & Barney, H. (1952). "Control methods used in a study of the vowels", *Journal of the Acoustical Society of America*, 32, 175-184.
- Winkler, I., Kujala, T., Tiitinen, H., Sivonen, P., Alku, P., Lehtokoski, A., Czigler, I., Csépe, V., Ilmoniemi, R. J., & Näätänen, R. (1999). Brain responses reveal the learning of foreign language phonemes. *Psychophysiology*, 36, 638-642.
- Yun, Y. (2005). Korean listeners' perception of English /i/, /ɪ/, and /ɛ/. *Speech Sciences*, 12, 75-87.

- 윤영도 (Yun, Yungdo)

동국대학교 교양교육원  
 서울시 중구 필동 3가 26번지  
 Tel: 02-2260-8616 Fax: 02-2260-3886  
 Email: yungdoyun@dongguk.edu  
 관심분야: 음성학, 음운론  
 현재 교양교육원 교수