한국 영아의 영어 음소 /l/-/r/ 변별에 대한 ERP 연구*,**

김은영 · 김효림 · 송현주* · 전영미 · 최영은**

(연세대학교 · 중앙대학교)

Eunyoung Kim, Hyorim Kim, Hyunjoo Song, Youngmi Jun and Youngon Choi (2012), ERP Study to Discriminate /l/-/r/ in Korean Infants. *Journal of Language Sciences 19*(1), 47-67. The current study investigated the development of Korean infants' ability to discriminate English sounds /r/ & /l/ using event-related potentials(ERP). The infants participated in an oddball task using English /ra/-/la/ contrast. For 5-7 month olds, the mean amplitudes of P150-250 responses to the deviant stimuli were significantly larger than those to the standard stimulus. By contrast, 12-15-month olds' neural responses were not significantly different between the deviant and standard stimuli. These results provide additional evidence that infants' ability to perceive non-native sound contrasts declines toward the end of the first year of life. The current findings are discussed in terms of the developmental mechanisms responsible for processing native and nonnative speech sounds. **(Yonsei University · Chung-Ang University)**

Key Words: speech perception, phonemic perception, developmental neuroscience, event-related potential, language development, infancy

1. 서 론

아기들이 세상에 태어나 언어학습을 할 때 가장 먼저 해결해야 할 기초적인 과제는 자신이 배우는 언어 속에서 사용되는 말소리들을 구분해내는 것이다. 말소리 지각 과정에서 밝혀진 흥미로운 특징 중 하나는 범주적 지각(categorical perception)이다. 범주적 지각이란 양적으로 변하는 말소리의 주

* 본 연구는 한국연구재단의 지원(KRF2009-361-A00027)의 지원에 의해 이루어졌음.

** 연구에 도움을 주신 한국교육방송공사(EBS), 참가자 아기와 보호자 여러분께 진심으로 감사드립니다. 또한, 실험이 가능하도록 도움을 아끼지 않으셨던 정상철 교수님, 신은삼 선생님, 차옥균 선생님, 김봉수 선생님, 신경순 선생님, 고운경 선생님, 이승준 선생님, 김보미 선생님, 김시온, 조이수, 신지은에게 감사를 표합니다.

*** 교신저자(C.A.)

파수, 강도와 같은 물리적 속성의 상대적 차이들을 구분해내기 보다는 말소리의 절대적인 범주의 차이를 구분해내는 것이다. 이러한 범주적 지각은 성인뿐만 아니라 아주 어린 영아들에게서도 관찰된다. Eimas, Sigueland, Jusczyk and Vigorito(1971)의 선구적인 연구에서는 습관화 단계에서 1개월과 4개월 된 영아들에게 특정한 음소(ba)를 들려주고, 탈습관화 단계에서는 습관화 단계에서 들은 음소와 음성구동시간(Voice Onset Time: VOT) 차이가 20ms인 말소리 두 종류를 들려주었다. 한 가지 음소는 습관화 단계의 음소와 범주가 같은 음소(ba, 습관화된 자극의 VOT보다 20ms 짧음)였고, 다른 하나는 습관화 단계의 음소와 범주적으로 다른 음소(pa, 습관화된 자극의 VOT보다 20ms 김)였다. 탈습관화 단계에서 영아들의 빨기 반응은 범주가 다른 음소를 들을 때만 증가하였다. 이는 영아들이 음소 내에서의 상대적인 차이는 지각하지 않지만, 음소 간의 범주적 차이는 지각함을 보여준다.

이러한 범주적 말소리 지각 능력은 발달 초기에는 모국어에 국한되지 않고 외국어 말소리 지각에서도 나타나지만 언어학습 환경에 따라 범주적 지각능력의 지각 범위는 조율되어 간다(Kuhl, 2000). 아주 어린 영아들은 여러 언어에서 사용되는 다양한 말소리들을 변별할 수 있지만 생후 6개월에서 1년 사이에 자신의 모국어에서 사용되지 않는 음소들 간의 차이를 구분하는 능력이 점차 감소된다(Werker and Tees, 1983, 1984; Werker, Gilbert, Humphrey and Tees, 1981). 예를 들어 범주가 다른 음소의 쌍이 제시되었을 때 고개를 돌리도록 조건화를 시키는 머리 돌리기 과제(head-turn task)를 실시할 때 영어를 모국어로 학습하는 6-8개월 영아들은 영어에서 사용되지 않는 외국어 음소 간의 차이(예: 살리시 족 언어의 /k´i/-/q´i/)를 구분할 수 있었지만, 10-12개월 영아들은 외국어 음소 간 차이를 구분하지 못하였다(Werker and Tees, 1984).

언어적 환경은 사용되지 않는 음소의 변별 능력을 잃어가는 방향으로만 음소 지각을 이끄는 것이 아니라 모국어에서 사용하는 음소 간 차이에 대한 변별 능력을 촉진시키는 방향으로도 음소 지각을 이끈다(Kuhl et al., 2006). Kuhl 등의 연구에서 6-8개월 미국, 일본 영아들은 모두 영어의 음소 대비 /la/-/ra/를 구분할 수 있었지만, 10-12개월이 되면 일본 영아들의 영어 음소 /la/-/ra/의 변별 능력이 감소하였고, 미국 영아들의 모국어인 영어 음소 /la/-/ra/의 변별 능력은 향상되었다. 이처럼 음소 지각의 발달적 조율은 영아들이 접하는 모국어의 학습을 증진시키는 과정이다.

최근에는 신경생리학적 방법론을 사용하여 영아기 음소 지각 발달 과정의 신경학적 기제를 알아보고자 하는 시도들이 증가하고 있다. 연구자들은 주로

뇌파를 사용하여 말소리 자극에 대한 영아들의 신경 활동을 측정하여 왔다(Cheour et al., 1998; Dehaene-Lambertz and Dehaene, 1994; Pikho et al., 1999; Rivera-Gaxiola et al., 2005a). 뇌파로 소리를 변별할 수 있는지 알아보는 대표적인 과제는 oddball 패러다임이다(Rivera-Gaxiola et al., 2005a; Zevin et al., 2010). 이 과제에서는 기준자극(standard stimulus) 소리가 반복적으로 제시되다가 드물게 변이자극(deviant stimulus) 소리가 제시되는데, 이때 성인의 경우 소리의 차이를 탐지하는 불일치 음전위(mismatch negativity, 이하 MMN)가 나타난다(Näätänen et al., 1978). 영아의 경우, oddball 패러다임에서 불일치 뇌반응(mismatch response, 이하 MMR)이 측정되는데, 이것은 수동적이고 비자발적인 반응이기 때문에 영아들을 연구하기에 좋은 도구이다(Cheour, 2007). 영아들의 MMR은 성인의 MMN과 여러 가지 면에서 다른 특징들을 보이는데, 대표적으로 영아의 MMR은 비교적 긴 시간에 걸쳐서 나타나고 기준자극과 변이자극 간 물리적 차이(Morr et al., 2002), 분석 필터 설정(Weber et al., 2004)과 같은 실험의 파라미터에 따라서 극성이 음의 방향 혹은 양의 방향으로 나타난다는 차이점이 있다.

이전의 행동연구에서 밝혀졌던 음소 변별 능력의 발달적 조율은 뇌파를 사용하여 측정한 MMR을 통해 다시 검증되었다. Cheour와 동료들(1998)은 핀란드 영아와 에스토니아 영아들에게 /e/를 기준자극으로 /õ/ 혹은 /ö/를 변이자극으로 제시하고 영아들의 MMR 반응을 측정하였다. 실험에 사용된 /e/와 /ö/는 핀란드와 에스토니아 언어 모두에 있는 음소이지만 /õ/는 에스토니아 언어에서만 사용되는 음소이다. 주파수의 물리적 차이는 /e/와 /ö/의 쌍에서보다 /e/와 /õ/ 쌍에서 더 크다. 핀란드 영아들은 6개월 때 /e/-/ö/ 대비보다 주파수 차이가 큰 /e/-/õ/ 대비에서 유의미하지는 않지만 큰 진폭의 MMR을 보였다. 반면, 이 핀란드 영아들이 12개월이 되었을 때 음향적인 차이는 크지만 모국어에서 음소로 사용되지 않는 /e/-/õ/ 대비에 대한 MMR의 감소를 보였고, 음향적인 차이는 적지만 모국어에서 음소로 사용되는 /e/-/ö/ 대비에 대한 MMR의 증가를 나타냈다. 이러한 발견은 모국어에 대한 음소 구별 능력은 증가하고 모국어에 없는 음소 구별 능력이 저하되는 발달 과정이 뇌의 활동에서도 반영되는 것을 보여준다. Rivera-Gaxiola와 동료들(2005a)은 음소 변별 과제에서 청각 자극에 수반되는 뇌반응 P-N complex[1]가 발달에 따라

1) P-N complex는 ERP에서 양전위 활동에 이어서 음전위의 활동이 나타나는 복합적인 파형(waveform)을 나타낸다. 영아들에게 청각 자극을 들려주는 경우 자극 제시 시점으로부터 150-250ms 사이에 양의 파형인 P150-250, 250-550ms 사이에 음의 파형인 N250-550이 관찰된다.

어떻게 달라지는지를 알아보았다. 집단 분석 결과 외국어 말소리 대비에 대한 구별 반응은 생후 7개월과 11개월 사이에 사라지지만 모국어 말소리의 대비에 대한 N250-550 반응은 향상된다는 결과를 보고하였다.

이와 같이 행동 연구와 신경생리학 선행 연구들은 일관적으로 생후 6개월에서 12개월 사이에 모국어에 사용되는 음소 지각 능력은 유지되고 향상되나, 외국어에만 사용되는 음소 지각 능력은 감소된다는 것을 보여주고 있다. 하지만, 영아들의 외국어 음소 지각 능력이 완전히 사라지는 것 같지는 않다. 머리 돌리기 과제를 사용한 실험에서 10-12개월 일본 영아들의 영어 음소 /la/-/ra/의 변별 능력은 감소하기는 하지만 여전히 우연 수준 이상의 변별 능력은 유지된다(Kuhl et al., 2006). 집단 분석을 했을 때는 11개월 영아들의 외국어 음소 차이에 대한 뇌파 반응이 나타나지 않은 것으로 보였으나 개별 영아 자료 분석 시에는 11개월에도 외국어 음소 차이에 대한 뇌파 반응이 개별적으로 다르게 존재하는 것으로 보였다(Rivera-Gaxiola et al., 2005a). 영아들마다 11개월에 외국어 음소 차이에 대해 양의 전위를 가진 뇌파를 보이기도 하고 또는 음의 전위를 가진 뇌파를 보이기도 해서 뇌파의 평균을 본 전체적인 집단 분석에서는 차이가 서로 상쇄되어 외국어 음소 차이에 대해 특정한 뇌파 반응이 나오지 않는 것처럼 보였던 것이다. 모국어 음소 차이에 대해서는 영아들이 일관되게 음의 전위를 가진 뇌파 반응을 보인 것에 비해 외국어 음소 차이에 대해서는 영아들 간에 일관된 방향성을 가진 뇌파 반응이 나오지 않아서 모국어 음소 처리와 외국어 음소 처리 간에 질적으로 다른 발달적 변화가 있음을 암시하기는 한다. 하지만, 11개월에도 외국어 음소 차이에 대해 고유한 뇌 전위 반응이 개별 영아 각각에서 존재한다는 것은 외국어 음소 차이에 대한 민감성이 잔존함을 보여준다.

본 연구에서는 한국 영아들의 영어 음소 /l/과 /r/에 대한 변별 능력의 발달적 변화를 신경생리학적 접근을 통해 검증하고자 하였다. 본 연구는 필자들이 아는 한 영아기 언어 발달 과정에 대해 국내에서는 최초로 신경과학적 접근을 시도한 연구이다. 본 연구에서는 5-7개월 영아 집단, 12-15개월 영아 집단의 /l/과 /r/의 차이에 대한 뇌파 반응을 수집하고 분석하였다.

본 연구의 질문은 다음과 같다. 첫째, 한국 영아들도 생후 6개월 이후에 외국어 음소 차이 구분 능력의 감소를 보일 것인가? 즉, 선행 연구에서와 같이 외국어 음소 대비에 대한 뇌 반응이 12-15개월 영아들보다 5-7개월 영아들에서 더 신뢰있게 나타날 것인가?

둘째, 12개월 이후의 외국어 음소 지각 능력의 발달은 어떻게 이루어지는

가? 기존 연구에서 주로 6개월 전후의 영아들과 10-12개월 영아들을 비교했던 반면 본 연구에서 6개월 전후의 영아들을 12-15개월 영아들과 비교하였다. 이는 외국어 음소 지각 변화 과정이 12개월 이후에 어떻게 진행되는지를 살펴보기 위함이었다. 12개월 이전과 이후의 영아는 모국어 환경에 얼마나 많이 노출되어왔는가의 차이뿐만 아니라, 단어 산출이 12-15개월 사이에 시작됨으로서 모국어 발화 능력에 있어서도 차이가 나타나기 시작한다(신희선 외, 2002). 기존 연구는 10-12개월 영아들의 외국어 음소 능력이 감소하기는 하지만 완전히 사라지지 않음을 밝혔는데(Kuhl et al., 2006; Rivera-Gaxiola et al., 2005a), 본 연구에서는 12개월 이후에도 외국어 능력이 남아있을지 여부를 밝히고자 하였다.

한국 영아를 대상으로 영어 음소 지각 능력의 발달적 변화를 검증하는 것은 외국어 음소 지각 발달 과정에 있어서 모국어 학습의 영향에 대한 함의점을 제공할 수 있다. 외국어 음소 지각 능력은 특정 모국어-외국어 조합 쌍에 따라 달라지는 것 같다(Best and Strange, 1992). 일본어가 모국어인 사람들에게는 /l/과 /r/의 음소가 일본어의 /r/범주에 약하게 포함되어 /l/과 /r/이 같은 소리로 들리는 반면, 영어 화자들은 영어에서 사용되지 않는 줄루어의 설측마찰음(lateral fricative)의 /ɬ/와 /ɮ/을 구별할 수 있었다(Best et al., 2001). 음소의 발달적 조율 과정에서도 모국어-외국어 쌍에 따른 차이가 있다. 영어를 획득한 영아들의 경우 힌디어 음소 변별 능력은 12개월경에 갑작스럽게 감소되는 반면, 캐나다 북서부의 원주민 부족 중 하나인 살리시 족의 언어에서 사용되는 음소 변별 능력의 감소는 점차적으로 진행되는 것을 보고하였다(Werker and Tees, 1984).

한국어 음소 구조의 고유한 특성이 한국 영아의 영어 음소 지각 발달 과정에 영향을 미칠 수 있는 가능성이 존재한다. 한국어에서는 중국어, 일본어에서와 마찬가지로 영어의 /l/, /r/을 음소로 구별하지 않고, 유음 /ㄹ/에 해당하는 동일한 음소로 포함한다. 하지만, 한국어에는 /ㄹ/에 대해 두 개의 이음(allophone)이 존재한다(박순애, 2008; 이용권, 2006; 정은미, 1996). 한 가지는 “가루”, “도로”에서처럼 모음 사이에서 흔히 나타나는 소리로 설탄음(flap)으로 분류되는 [ɾ]이다. 이는 혀끝을 이용해 빠른 속도로 치경을 쳐주며 내는 소리이다. 두 번째 이음은 “술”에서처럼 음절 끝에 오거나 “설령”처럼 중자음으로 나타날 때 흔히 나타나는 소리로 설측음(lateral) 소리인 [l]이다. 이는 입안의 중앙의 통로를 막은 채로 혀의 한쪽 옆이나 양쪽 옆을 터놓아 그쪽으로 기류를 나가게 하여 내는 소리를 말한다. 한국어에는 이러한 /ㄹ/에 대한 이음이 존재하므로 각 이음을 영어의 r과 l에 대응시켜 인지하거나 사용할 수

있기 때문에 일본인보다 한국인이 영어의 /l/과 /r/을 학습하는 데 도움이 된다는 언어학적 주장도 있다(박시균, 1996). 한국인이 영어의 /r/을 지각 혹은 발성 시에는 [ɾ]음을 사용하고, 영어의 /l/을 지각 혹은 발성 시에는 [l]음을 사용한다는 것이다. 이러한 특성을 가진 한국어를 모국어로 학습하는 한국 영아들의 영어 음소 /l/, /r/ 구분 능력의 발달 과정이 기존 연구에서 밝혀진 일본 영아들의 영어 음소 지각 능력의 발달 과정과 다를 수 있는지 보고자 한다.

2. 방 법

2.1. 참가자

본 실험에는 만 5-7개월 영아 5명(평균 연령: 6개월 26일, 범위: 5개월 16일-7개월 19일, 남아=2, 여아=3), 만 12-15개월 영아 5명(평균 연령: 14개월 11일, 범위: 12개월 15일-15개월 8일, 남아=2, 여아=3)이 참가하였다. 뇌파 기록이 가능했던 영아의 경우에만 분석에 포함되었으며, 추가적으로 실험에 참가하였던 6명의 영아들은 뇌파기록용 캡을 불편해 하여 실험을 진행할 수 없어 분석에서 제외하였다. 참가 영아 모집은 서울시 및 경기도에 거주하는 영아들을 대상으로 보건소 홍보 및 육아 관련 인터넷 사이트를 통하여 이루어졌으며, 연구에 참여한 감사의 표시로 2만 원 가량의 문화상품권과 베일리 발달 검사를 제공하였다.

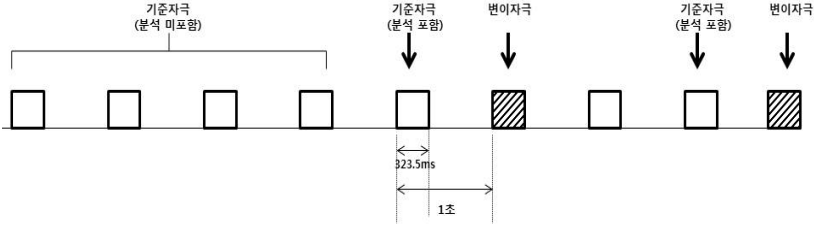
2.2. 자극

본 실험의 자극으로 영어의 두 가지 자음-모음 음절 /la/와 /ra/ 간의 대비가 사용되었다. 여자 영어 원어민이 발성한 여러 개의 음절들 중에서 말소리 길이와 높이가 서로 유사한 음절들을 선택하여 Praat(Boersma, 2001) 소리 편집 프로그램으로 두 음절의 길이, 높이, 강도의 특성들을 맞추었다. 사전 예비 연구를 통해 영어에 거의 노출 경험이 없었던 성인들 6명을 대상으로 두 음소가 같은지 다른지를 판단하게 하는 과제를 실시하였고, 한국어만을 주로 듣고 구사해온 성인들은 자극 음절들 간의 차이 변별이 어렵다는 것을 확인하였다(음소 구분 정확률: 50%).

2.3. 설계

본 연구에서 사용된 과제는 Zevin et al.(2010)에서 사용된 oddball 과제의 특성을 따라 구성되었다. <그림 1>은 자극 제시의 예를 나타낸다. 자극 음절의 길이는 323.53±0.28ms, 자극 시차(SOA)는 1초였다. 기준자극은 5/6 확률(83.33%), 변이자극은 1/6 확률(16.67%)로 분포되어 있었고 적어도 2개 이상의 기준자극 후에 변이자극이 나타났다. 실험은 두 개의 블록(block)으로 구성되었는데, 한 블록에서는 /la/가 기준자극, /ra/가 변이자극으로 제시되었고, 다른 하나의 블록에서는 /ra/가 기준자극, /la/가 변이자극으로 제시되었다. 각 블록에는 총 720개의 자극이 포함되어 있었다. 자극이 3분(180개 자극) 동안 제시되고 평균 약 2분 정도의 휴식시간이, 블록 사이에는 평균 약 3분 정도의 휴식시간이 주어졌다. 블록의 순서는 아동에 따라 역균형화되었다.

<그림 1> 자극 제시의 예

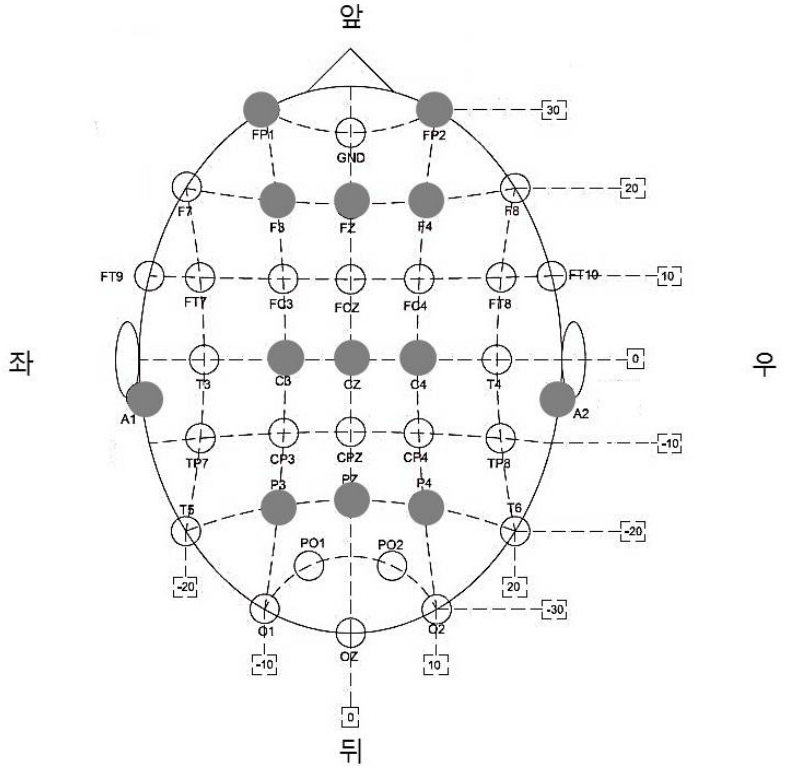


2.4. 절차

실험 전 보호자는 실험자로부터 실험 절차에 대한 설명을 들었고 서면 동의서를 작성하였다. 이 때, 실험자는 보호자에게 말소리 자극이 제시되는 실험 중에는 가급적 말을 삼가시라는 주의를 주었고, 실험 중간의 휴식시간에는 영아와 자연스러운 상호작용을 할 수 있다고 알려주었다. 소리와 전자파가 차단되는 방에서 영아는 뇌파 측정 캡을 쓰고 어머니의 무릎에 앉아 실험에 참여하였다. 실험이 진행되는 동안 영아는 모니터에서 제시되는 소리가 나지 않는 만화 혹은 실험자가 움직이는 장난감을 보면서 약 1m 가량 떨어져 있는 스피커로 약 70dB SPL 크기의 말소리 자극을 들었다. 뇌파캡을 씌우는 준비 과정부터 실험이 마무리되는 시간까지는 약 50분에서 1시간 30분

가량 소요되었다. 이 중 자극이 제시된 실험 시간은 12-24분이었다.

<그림 2> 40 채널 뇌파 캡의 전극 배열(●=실험할 때 측정된 전극)



2.5. EEG 기록 및 분석

뇌파는 Ag/AgCL 전극이 삽입된 영아용 40채널 뇌파캡(*QuickCap, Neuromedical Supplies*. Inc.)을 사용하여, 좌측 mastoid(유양돌기)를 참조전극으로 우측 mastoid, FP1(좌측 전두극), FP2(우측 전두극), F3(좌측 전두부), F4(우측 전두부), C3(좌측 중심부), C4(우측 중심부), P3(좌측 두정부), P4(우측 두정부), Fz(정중 전두부), Cz(정중 중심부), Pz(정중 두정부), VEOG(수직 안전도) 전극에서 기록되었다. <그림 2>는 본 실험에서 사용된 뇌파캡의 전극 배열(http://63.134.192.29/cart/Details.cfm?ProdID=200&category=6)을 간소화

하여 보여준다. 왼쪽 눈 위아래 부착된 VEOG를 제외하고 실험하는 동안 뇌파가 기록된 전극이 짙게 표시되어 있다. 기록하는 동안 신호의 표집율은 500Hz, band-pass filter범위는 0.01-30Hz, 전극 저항은 8.2KΩ 이하였다.

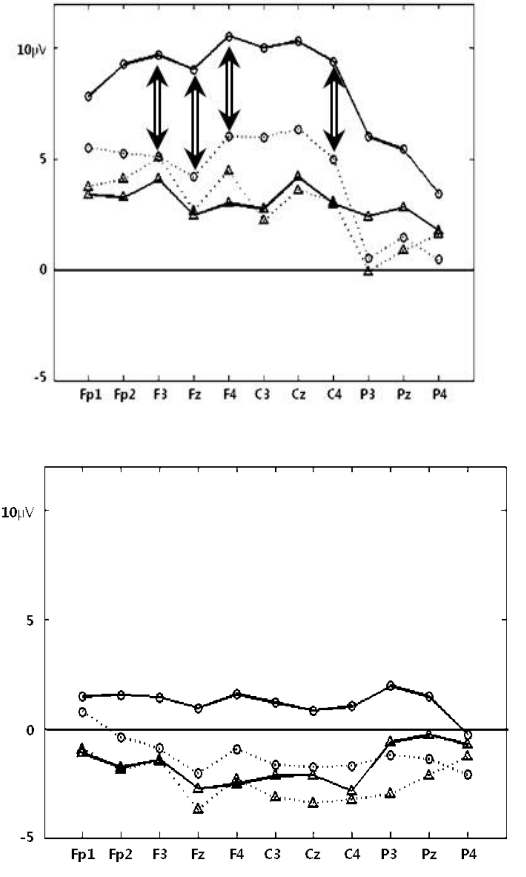
기록된 EEG 신호들은 오프라인에서 양쪽 mastoid를 평균값으로 재참조(re-referencing)되었고, 1-15Hz band-pass filter로 처리되었다. 분석 구간(epoch)은 자극제시 전 100ms부터 자극제시 후 650ms로 설정되었고, 자극제시 전 100ms 동안의 평균진폭을 기저선으로 분석 구간에 대해 0점 교정을 하였다. 분석 구간에서 하나의 전극에서라도 ±150μsV를 초과하는 전기적 활동이 있는 경우는 자동적으로 분석에서 제외되었다. 마지막으로 각 집단에 대해서 변이자극 그리고 변이자극 직전 기준자극에 대해서 평균 ERP 파형을 구하였다. 실험 진행이 가능했던 10명의 영아들 중 3명이 첫 번째 블록에만 참여하여, 일괄적으로 첫 블록의 반응들만 분석에 포함하였다.

P-N complex 파형은 150-250ms에서 관찰되는 양의 파형(P150-250), 250-550ms에서 관찰되는 음의 파형(N250-550)을 중심으로 두 가지 시간창에서 분석이 되었다. 개인마다 각 전극, 각 자극에 대한 평균 ERP 파형에서 두 시간창(150-250ms, 250-550ms)에서 평균진폭(mean amplitude)을 구하였다. 평균진폭의 비교는 집단 별로 기준자극과 변이자극 간에 P150-250 평균진폭에 대해서 그리고 기준자극과 변이자극 간에 N250-550 평균진폭에 대해서 대응표본 T검정을 각 전극에 대해서 실시하였다.

3. 결 과

영어 음소 /la/와 /ra/ 대비의 oddball 패러다임에서 한국어를 습득하는 영아들의 기준자극과 변이자극에 대한 각 전극 위치에서의 P150-250, N250-550 평균진폭을 <그림 3>에 제시하였다. P150-250 시간창에서 5-7개월 영아들은 변이자극에 대해서 증가된 뇌반응을 보였지만, 12-15개월 영아들은 기준자극과 변이자극 간에 뇌반응의 차이를 나타내지 않았다. N250-550 시간창에서 기준자극에 비해서 변이자극에서 음의 방향으로 증가된 뇌반응은 두 월령 집단 모두에서 관찰되지 않았다.

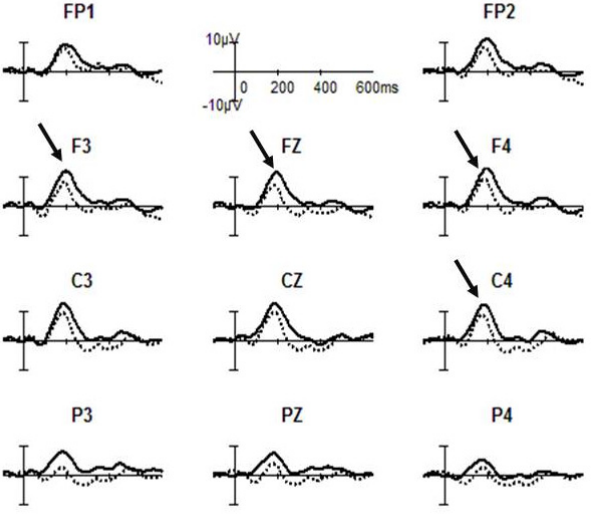
<그림 3> 각 전극 위치에서의 P150-250(위), N250-550(아래)의 평균진폭.
(점선=기준자극; 실선=변이자극; 원=6개월; 세모=12개월; 화살표=변이 자극에서 유의미하게 증가된 반응)



<그림 4>는 5-7개월 한국 영아들의 영어 음소 대비에 대한 뇌반응을 나타낸다. P150-250 반응에서 5-7개월 한국 영아들의 경우 기준자극에 대한 평균진폭보다 변이자극에 대한 평균진폭이 F3($t(4) = 3.20$, $p < .05$), Fz($t(4) = 3.30$, $p < .05$), F4($t(4) = 2.94$, $p < .05$), C4 ($t(4) = 3.76$, $p < .05$)에서 유의

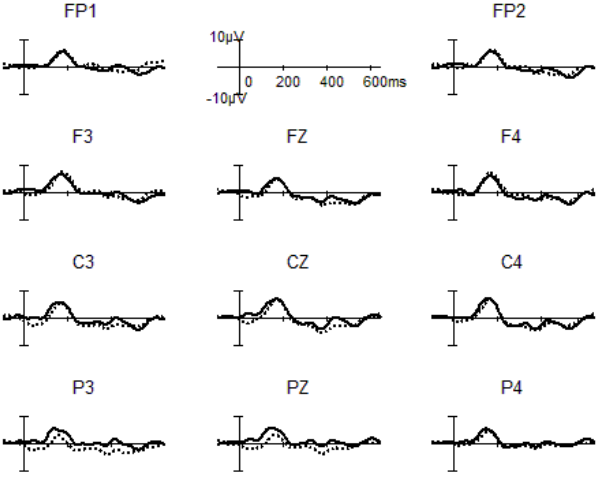
미하게 높았다. N250-550 반응과 관련하여 5-7개월 한국 영아들에게서 기준자극에 대한 평균진폭과 변이자극에 대한 평균진폭 간 차이가 Fz($t(4)=3.48$, $p < .05$), F4($t(4)=2.92$, $p < .05$), Cz($t(4)=2.91$, $p < .05$), Pz($t(4)=3.99$, $p < .05$)에서 유의미하였다. N250-550 시간창에서 자극 간 평균진폭의 차이는 변이자극에 대한 진폭이 기준자극에 대한 진폭보다 양의 값을 나타내는 것에 기인하였다.

<그림 4> 5-7개월의 전체 평균 ERP. (점선=기준자극; 실선=변이자극; 화살표=변이 자극에서 유의미하게 증가된 반응)



<그림 5>는 12-15개월 한국 영아들의 영어 음소 대비에 대한 뇌반응을 나타낸다. 한국의 12-15개월 영아들은 P150-250 그리고 N250-550 시간창 모두에서 기준자극과 변이자극에 대한 뇌반응 간의 유의미한 차이를 나타내지 않았다($ts < 1.97$, $ps > 0.12$).

<그림 5> 12-15개월의 전체 평균 ERP. (점선=기준자극; 실선=변이자극)



4. 논 의

본 연구에서는 한국 영아들이 발달에 따라서 영어 음소를 변별하는 능력이 감소하는 것을 /la/-/ra/ 음소 대비에 대한 P-N complex ERP 반응의 차이로 알아보았다. 5-7개월 영아 집단에서는 기준자극보다 변이자극에서 P150-250 평균진폭의 증가가 관찰되었다. 12-15개월 영아의 경우 P150-250, N250-550 반응 모두에서 기준 자극에서보다 변이자극에 대해 증가된 뇌파 반응을 관찰할 수 없었다. 본 연구 결과가 제안하는 바는 다음과 같다. 첫째, 생후 1년 동안 외국어 음소 지각 능력의 감소함을 보고한 이전의 연구 결과와 마찬가지로(Cheour et al., 1998; Rivera-Gaxiola et al., 2005a), 한국 영아들의 영어 음소 지각 능력은 월령이 증가할수록 감소하였다. 둘째, 한국의 12-15개월의 영아들에게서 영어 음소 지각 능력이 잔존함을 보이는 증거는 찾아볼 수 없었다. 셋째, 본 연구에서 밝혀진 한국 영아들의 영어의 /l/, /r/ 음소 구분 능력의 변화 양상은 기존 연구에서 밝혀진 일본 영아들의 동일한 영어 음소 지각 능력의 발달 과정과 크게 다르지 않았다. 따라서 한국어의 특징이 영어의 유음 구분 능력에 미칠 수 있음을 보이는 경험적 단서는 발견되지 않았다.

왜 이전 연구(Kuhl et al., 2006; Rivera-Gaxiola et al., 2005a)에서와는 달리 본 연구에서는 생후 1년 전후의 영아들에게서 외국어 음소 지각 능력이 감소되지만 잔존함을 보여주는 증거가 발견되지 않았을까? 한 가지 가능성은 본 연구의 영아들이 이전 연구의 영아들보다 다소 월령이 높았기 때문일 수 있다. 이전 연구에서는 10-12개월 영아들의 외국어 음소 지각 능력이 감소하기는 하지만 외국어 음소 구분 능력이 완전히 사라지지 않음을 보였다. 본 연구에서는 12-15개월 영아들이 참여하였고, 영어의 음소 차이에 대한 뇌파의 반응이 나타나지 않았다. 생후 1년을 전후로 외국어 음소 지각능력은 매우 빠르게 감소하여 생후 1년 이후에는 외국어 음소를 구분하는 능력이 완전히 사라질 수 있다.

두 번째 가능성은 집단 분석과 하위집단 분석 간의 차이이다. 집단분석을 하였던 Cheour et al.(1998)의 연구에서는 12개월 영아들에게서 외국어 음소에 대한 변별 뇌반응을 관찰할 수 없었다. 본 연구에서 사용된 것과 비슷한 실험 패러다임을 사용한 Rivera-Gaxiola(2005a)등도 집단 분석에서는 11개월에서 외국어 음소 변별 뇌반응을 발견하지 못하였지만, 개별 영아 뇌파 분석에서는 11개월에서도 외국어 음소 변별 뇌반응이 개별 영아들에게서 다른 양상으로 나타남을 보고하였다. 본 연구의 12-15개월 영아의 개별 자료 분석에서도 개인마다 각기 다른 외국어 음소 변별 뇌반응이 존재할 수 있음을 제안하는 결과가 관찰되었다. 12-15개월 5명 중 2명은 P150-250에서 2명은 N250-550에서 변이자극에서 증가된 반응을 나타내었다. 외국어 음소 변별 뇌반응이 집단 분석에서는 관찰되지 않았지만 개별 분석에서 나타난 이유는 12-15개월 영아들마다 외국어 음소 변별 능력을 반영하는 뇌반응의 극성(polarity)이 달라 집단 분석의 전체 평균에서는 이러한 변별 뇌반응이 상쇄되어 나타나지 않았기 때문일 수 있다. 하지만, 본 연구에서는 분석에 포함된 영아의 수가 적어서 이러한 가능성을 확증하기 어렵고, 후속 연구에서 좀 더 검증되어야 할 것이다.

한국어에는 /ㄹ/에 대한 두 개의 이음이 존재하여 영어의 /l/, /r/의 차이를 지각하는 데 있어서 한국인이 일본인보다 좀 더 우월할 수 있다는 음성언어학적 제안이 있지만(박시균, 1996), 본 연구의 12-15개월 영아들은 그러한 주장을 지지하는 증거를 보이지 않았다. 이러한 12-15개월 영아들의 결과에 대해서는 다음과 같은 두 가지 가능성을 고려해볼 수 있다. 첫째, 본 연구에서 사용된 /la/와 /ra/의 음절 특징에 기인할 수 있다. 일본어뿐만 아니라 한국어에서도 어두에서는 유음의 구별이 없고, 영어를 배우는 한국인 성인이 일본

성인보다 /l/, /r/구분을 대체적으로 더 잘하기는 하지만, 어두에 나타난 음소들의 구분에 있어서는 두 집단 간에 큰 차이가 없다(Park and Ingram, 1995). 본 연구에서는 한국 영아들이 어두에 언급된 /l/, /r/의 차이를 구분해야 했기 때문에 기존 연구에서 밝혀진 일본 영아들의 결과와 크게 다르지 않은 발달적 변화를 보였을 수 있다. 이후 연구에서는 음소의 음절 내 위치를 다양하게 했을 때에도 영어의 /l/, /r/ 지각 능력의 변화가 본 연구에서와 같이 나타나는 지를 알아볼 필요가 있다. 둘째, 한국어의 음운 구조의 특성은 모국어 이해 및 산출 능력이 충분히 발달한 이후의 아동기 혹은 성인기의 영어 학습 과정에 영향을 미치나, 생후 초기 영아기에 빠르게 이루어지는 음소 지각 능력 변화 과정에는 영향을 미치지 않을 수 있다. 이러한 가능성은 영어를 외국어로 학습하는 과정에서 영어의 음소 지각 능력의 회복 과정을 검증하는 종단 연구에서 흥미롭게 검증될 수 있을 것이다.

본 연구에서는 만 5-7개월 영아들이 영어 음소의 차이에 대해 기준자극보다 변이자극에서 P150-250 뇌반응을 크게 보였고, 만 12개월-15개월 영아들은 그러한 반응이 나타나지 않았다. 반면 N250-550에서는 5-7개월, 12-15개월 영아 모두 변이자극에 대해서 음의 방향으로 유의미하게 증가한 뇌반응이 나타나지 않았다. 이러한 ERP의 두 요소 간의 차이는 영아기 음소 지각 처리 과정의 본질에 대해 어떤 함의점을 지니는가?

기존의 연구들은 P150-250와 N250-550는 각각 다른 역할을 담당하는 뇌의 활동이라고 제안한다(Rivera-Gaxiola et al., 2007; Rivera-Gaxiola et al., 2005b). Rivera-Gaxiola와 동료들은 음소 차이에 대해서 우세하게 반응하는 뇌반응과 언어발달 간의 관련성을 추적하여, P150-250은 음향 처리와 관련되고 N250-550은 음운 처리와 관련된다고 주장하였다. 영아기의 P150은 성인의 청각피질의 초기 처리과정을 나타내는 P50의 전구체(precursor)로 여겨진다(Kushnerenko, 2003). 성인의 P50에 대해서는 두 개의 연속된 소리 자극이 제시되었을 때 첫 번째 자극에 비해서 두 번째 자극에 대하여 뇌반응 수준이 감소하는 감각 관문(sensory gating)과 관련하여 연구가 이루어져 왔다(Patterson et al., 2008). 성인의 P50은 반복해서 제시된 소리 자극에 대해서는 진폭의 감소를 보이기도 하고, oddball 패러다임에서는 낮은 빈도로 제시되는 소리 자극에 진폭의 증가를 나타내기도 한다(Boutros and Belger, 1999; Boutros et al., 1995). Tavabi et al.(2007)은 성인을 대상으로 자음-모음 음절 지각에 관련된 신경활동을 뇌자도로 측정하였고, 영아의 P150반응에 대응될 수 있는 성인의 P50m[2]은 소리의 기본적인 특징들을 표상하고 뒤이은

N100m이 추상적인 음소를 반영한다고 제안하였다.

영아의 P150이 말소리의 음향적 처리와 관련된다는 제안들에 근거하여 본 연구 결과를 해석하면 영어에서만 사용되는 /la/-/ra/ 음소 대비에 대해서 한국의 5-7개월 영아들은 음향적인 차이를 표상했다고 볼 수 있다. 그리고 발달이 진행되면서 이러한 모국어의 음소 범주 구분과 상관없는 외국어 음소의 음향적 차이 구분능력은 감소되어 12개월 전후가 되면 외국어 음소는 음향적으로도 음운적으로도 구분하기 어려워질 수도 있다. 이는 피질에서 청각적 처리를 담당하는 초기의 신경 네트워크가 외국어 처리능력의 감소 과정에 개입될 수 있음을 시사한다. 만 6개월 전후의 영아들은 외국어의 음소를 구분할 수는 있지만, 이미 모국어 노출의 영향을 받아 모국어 음소와 외국어의 음소에 대한 지각처리를 다르게 한다(Kuhl et al., 1992). 본 연구에서 5-7개월 영아들이 외국어 음소 대비에 대해 나타낸 음향적 처리와 관련된 뇌반응은 6개월 무렵부터 영아들이 외국어 음소 처리를 모국어 음소 처리와는 다르게 한다는 주장과도 부합한다.

생후 직후에는 외국어와 모국어 음소를 모두 추상적인 음소 범주에 근거하여 지각하지만(Kuhl, 2004), 모국어를 학습하면서 모국어 음소는 계속해서 추상적인 음소 범주적 처리를 하는 반면 외국어 음소는 음향적 처리를 하도록 변화하게 되는 가능성을 본 연구는 제안한다. 향후 연구에서는 5개월 이전의 영아들에게서는 영어 음소의 차이에 대한 어떤 뇌반응이 나타나는지를 검증한다면 이러한 외국어 음소 지각이 음운적 처리에서 음향적 처리로 변화하는 과정에 대한 확증적 증거를 제공할 수 있을 것이다. 이러한 외국어 처리 과정의 질적 변화는 언어발달 과정에 중요한 기여를 한다. 7.5개월에 외국어 음소의 차이에 대해 음전위 뇌반응이 크게 나타날수록, 즉 외국어 음소 차이에 대한 음운적 처리를 반영하는 뇌반응이 크게 나타날수록 24개월의 어휘 수가 적다(Kuhl et al., 2008). 이는 외국어 음소에 대해 음운적 처리를 하는 것이 모국어 학습 과정에서 효율적이지 않음을 보여주는 결과이다.

영아들이 모국어에 노출된 시기를 거치면서 외국어 음소 변별 능력의 감소를 보이는 것은 어떤 기제에 의한 것일까? 영아들은 외부에서 주어지는 자극의 빈도에 대한 통계적 분포를 형성하여 말소리를 지각할 때 이 분포 양상을 사용하는 것으로 여겨진다. Maye et al.(2002)은 6, 8개월 영아들을 두 집단으

2) P50m과 N100m은 청각자극에 대한 뇌활동을 뇌자도로 측정하였을 때 자극이 제시된 후 50ms, 100ms 경에 뇌의 전기적 활동에 의한 자기장을 나타낸다. 각 요소(component)는 뇌파로 측정되는 전기적 활동(P50, N100)과 함께 발생되는 자기장을 측정한 것이므로 magnetic field를 의미하는 m을 요소 이름 뒷부분에 표기한다.

로 나누어 친숙화 단계 동안 /da/-/ta/ 연속체(continuum)의 여덟 개의 소리(1-8)를 들려주었다. 한 집단은 말소리 연속체의 양 쪽의 두 음절(2, 7)을 중심으로 양봉 분포(bimodal)의 빈도로 음절들을 들었고, 다른 집단은 중심의 두 음절(4, 5)을 중심으로 단봉 분포(unimodal)의 빈도로 음절을 들었다. 그 결과 양봉 분포의 빈도로 말소리를 들은 집단은 연속체의 두 소리를 구분하는 반면, 단봉 분포 집단은 구분하지 못하였다. 이는 영아들이 말소리를 학습할 때 입력되는 소리의 빈도 분포 양상을 통하여 소리 간의 구별 능력을 획득함을, 다시 말해 한 언어의 음소를 파악함을 시사한다. Kuhl(2004)은 이와 같은 통계적 분포에 기반하여 모국어에 특화된 신경망을 생성하는 방식으로 뇌가 구조화된다고 제안한다. Kuhl의 모국어 신경 투입(native language neural commitment: NLNC) 가설은 발달시기의 언어의 학습 과정에 대해서 초기에 형성된 신경 네트워크가 모국어의 상위 처리(예: 단어)는 촉진시키는 반면, 기존에 학습된 모국어와 일치하지 않는 외국어의 언어 패턴에 대한 학습은 방해한다고 설명한다. 본 연구에서 5-7개월 영아들이 외국어 음소 대비에 대해서 음운적 처리가 아니라 음향적 처리를 하는 결과는 언어 학습의 초기부터 외국어 음소 지각에 관여하는 신경망이 모국어 음소지각에 관여하는 신경망과는 다를 수 있음을 보여준다.

'세계의 시민'이 될 수 있는 아주 어린 영아들은 생후 직후에는 세계의 모든 나라의 말소리를 구분해낼 수 있으나, 생후 1년만 지나도 모국어 음소만 구분하고, 외국어 음소 구분은 어려워하게 된다(Kuhl, 2004). 그렇다면 외국어 음소 구분능력을 유지할 수 있는 방법은 존재하는가? Kuhl et al.(2003)는 영아들을 외국어에 노출시키는 실험을 통해서 이 질문의 답을 찾고자 하였다. 영어를 모국어로 배우는 9개월 영아들이 4주에 걸쳐 매번 25분 동안 중국어를 학습하는 훈련 프로그램에 12번 참여하였다. 어떻게 훈련 프로그램동안 중국어에 노출되었는지가 영아들마다 각기 달랐는데, 중국인과 실제 상황에서 직접 상호작용을 하는 상황에서 중국어에 노출된 경우에는 영아들의 중국어 음소 변별 능력이 유지됨이 나타났지만, 비디오나 오디오를 통해서 중국어에 노출될 경우에는 음소 변별 능력이 유지되지 않았다. 이 연구는 사회적 상호작용이 언어 학습에 중요한 요인임을 가리킨다. 사회적 상호작용과 언어 간 연결에 대한 연구가 앞으로의 중요한 주제가 될 것으로 연구자들은 제안한다(Kuhl and Rivera-Gaxiola, 2008).

외국어 음소에 대한 변별 능력이 감소되거나 사라진 후에도 회복이 불가능한 것은 아닌 것 같다. 일본 성인들을 대상으로 한 연구들은 영어의 /l/과 /r/

에 대한 훈련 기간을 통해 두 음소를 구별할 수 있는 능력이 향상됨을 밝혀내었다(Lively et al., 1993; Strange and Dittmann, 1984). 후속 연구에서는 한국 아동의 다양한 영어 학습 경험이 언어 발달의 다양한 단계에서 어떻게 영어 음소 지각 능력의 발달에 영향을 주는지 검증할 수 있을 것이다.

본 연구는 한국 영아들의 외국어 음소발달 과정에 대한 과학적 검증의 첫 시도이다. 음소 인식은 언어 학습 과정에서 기본이 되는 능력이다(임영선, 김수정, 2010). 본 연구 결과는 한국 영아 및 아동들의 외국어 학습 과정을 규명하는 향후 연구들에서 어떤 연구 문제가 검증되어야 할지에 대한 기초를 제공한다.

주제어: 말소리 지각, 음소지각, 발달신경과학, 사건관련전위, 언어발달, 영아기

참고문헌

박순애. 2008. 한국 초등학생, 중학생, 고등학생들의 영어 /l/과 /r/ 인지에 관한 연구. 「언어와 언어학」 42, 73-92.

박시균. 1996. 한국인과 일본인의 영어 유음 /l/과 /r/의 조음비교. 이한복(편), 「음성학과 언어학」 154-173. 서울: 서울대학교 출판부.

신희선, 한경자, 오가실, 오진주, 하미나. 2002. 「한국형 Denver II 검사지침서」. 서울: 현문사.

이용권. 2006. 러시아어 모국어 학습자의 한국어 발음 교육. 「언어과학」 13, 90-115.

임영선, 김수정, 2010. 손가락 짚어 읽기가 유아의 영어 읽기능력에 미치는 영향: 음소와 글자인지를 중심으로. 「언어과학」 17, 39-56.

정은미. 1996. 중간언어의 음운론적 특성과 어린이 영어 발음 지도. 「언어과학」 3, 201-226.

Best, C. T. and W. Strange. 1992. Effects of Phonological and Phonetic Factors on Cross-Language Perception of Approximants. *Journal of Phonetics 20*(3), 305-330.

Best, C. T., G. W. McRoberts and E. Goodell. 2001. Discrimination of Non-Native Consonant Contrasts Varying in Perceptual Assimilation to the Listener's Native Phonological System. *Journal of the Acoustical Society of America 109*(2), 775-794.

Boersma, P. 2001. Praat, a System for Doing Phonetics by Computer. *Glot*

International 5(9-10), 341-345.

Boutros, N. N., M. W. Torello, B. A. Barker, P. A. Tueting, S. C. Wu and H. A. Nasrallah. 1995. The P50 Evoked Potential Component and Mismatch Detection in Normal Volunteers: Implications for the Study of Sensory Gating. *Psychiatry Research 57*(1), 83-88.

Boutros, N. N. and A. Belger. 1999. Midlatency Evoked Potentials Attenuation and Augmentation Reflect Different Aspects of Sensory Gating. *Biological Psychiatry 45*(7), 917-922.

Cheour, M., R. Ceponiene, A. Lehtokoski, A. Luuk, J. Allik, K. Alho and R. Näätänen. 1998. Development of Language-Specific Phoneme Representations in the Infant Brain. *Nature Neuroscience 1*(5), 351-353.

Cheour, M. 2007. Development of Mismatch Negativity(MMN) during Infancy. In Michelle de Haan (Ed.), *Infant EEG and Event-Related Potentials* 171-198. New York: Psychology Press.

Dehaene-Lambertz, G. and S. Dehaene. 1994. Speed and Cerebral Correlates of Syllable Discrimination in Infants. *Nature, 370*, 292-295.

Eimas, P. D., E. R. Siqueland, P. Jusczyk and J. Vigorito. 1971. Speech Perception in Infants. *Science 171*, 303-306.

Kuhl, P. K., K. A. Williams, F. Lacerda, K. N. Stevens and B. Lindblom. 1992. Linguistic Experience Alters Phonetic Perception in Infants by 6 Months of Age. *Science 255*, 606-608.

Kuhl, P. K. 2000. A New View of Language Acquisition. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 97*(22), 11850-11857.

Kuhl, P. K., F. M. Tsao and H. M. Liu. 2003. Foreign-Language Experience in Infancy: Effects of Short-term Exposure and Social Interaction on Phonetic Learning. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 100*(15), 9096-9101.

Kuhl, P. K. 2004. Early Language Acquisition: Cracking the Speech Code. *Nature Reviews Neuroscience 5*(11), 831-843.

Kuhl, P. K., E. Stevens, A. Hayashi, T. Deguchi, S. Kiritani and P. Iverson. 2006. Infants Show a Facilitation Effect for Native Language Phonetic Perception between 6 and 12 Months. *Developmental Science 9*(2), F13-F21.

Kuhl, P. K. and M. Rivera-Gaxiola. 2008. Neural Substrates of Language

Acquisition. *Annual Review of Neuroscience 31*, 511-534.

Kuhl, P. K., B. T. Conboy, S. Coffey-Corina, D. Padden, M. Rivera-Gaxiola and T. Nelson. 2008. Phonetic Learning as a Pathway to Language: New Data and Native Language Magnet Theory Expanded (NLM-e). *Philosophical Transactions of the Royal Society 363*, 979-1000.

Kushnerenko, E. V. 2003. *Maturation of the Cortical Auditory Event-Related Brain Potentials in Infancy*. Doctoral Dissertation. University of Helsinki, Finland.

Lively, S. E., J. S. Logan and D. B. Pisoni. 1993. Training Japanese Listeners to Identify English /r/ and /l/. II: The Role of Phonetic Environment and Talker Variability in Learning New Perceptual Categories. *The Journal of the Acoustical Society of America 94*(3), 1242-1255.

Maye, J., J. F. Werker and L. Gerken. 2002. Infant Sensitivity to Distributional Information can Affect Phonetic Discrimination. *Cognition 82*(3), B101-B111.

Morr, M. L., V. L. Shafer, J. A. Kreuzer and D. Kurtzberg. 2002. Maturation of Mismatch Negativity in Typically Developing Infants and Preschool Children. *Ear and Hearing 23*(2), 118-136.

Näätänen, R. A., W. K. Gaillard and S. Mäntysalo. 1978. Early Selective-Attention Effect on Evoked Potential Reinterpreted. *Acta Psychologica 42*(4), 313-329.

Park, S. G. and J. Ingram. 1995. /l/ & /r/ Perception by Korean and Japanese Speakers Learning English: The Relative Importance of L1 Transfer Effects and Universal Acoustic Factors. *Korean Journal of Linguistics, 20*(4), 87-109.

Patterson, J. V., W. P. Hetrick, N. N. Boutros, Y. Jin, C. Sandman, H. Stern, S. Potkin and W. E. Bunney Jr. 2008. P50 Sensory Gating Ratios in Schizophrenics and Controls: A Review and Data Analysis. *Psychiatry Research 158*(2), 226-247.

Pihko, E., P. H. T. Leppänen, K. M. Eklund, M. Cheour, T. K. Guttorm, T. K. and H. Lyytinen. 1999. Cortical Responses of Infants with and without a Genetic Risk for Dyslexia: I. Age effects. *NeuroReport 10*(5), 901-905.

Rivera-Gaxiola, M., J. Silva-Pereyra and P. K. Kuhl. 2005a. Brain Potentials to Native and Non-native Speech Contrasts in 7- and 11-month-old American infants. *Developmental Science 8*(2), 162-172.

Rivera-Gaxiola, M., L. Klarman, A. Garcia-Sierra and P. K. Kuhl. 2005b. Neural Patterns to Speech and Vocabulary Growth in American Infants. *NeuroReport 16*(5), 495-498.

Rivera-Gaxiola, M., J. Silva-Pereyra, L. Klarman, A. Garcia-Sierra, L. Lara-Ayala, C. Cadena-Salazar and P. K. Kuhl. 2007. Principal Component Analyses and Scalp Distribution of the Auditory P150-250 and N250-550 to Speech Contrasts in Mexican and American Infants. *Developmental Neuropsychology 31*(3), 363-378.

Strange, W. and S. Dittmann. 1984. Effects of Discrimination Training on the Perception of /r-l/ by Japanese Adults Learning English. *Perception & Psychophysics 36*(2), 131-145.

Tavabi, K., J. Obleser, C. Dobel and C. Pantev. 2007. Auditory Evoked Fields Differentially Encode Speech Features: an MEG Investigation of the P50m and N100m Time Courses During Syllable Processing. *European Journal of Neuroscience 25*(10), 3155-3162.

Weber, C., A. Hahne, M. Friedrich and A. D. Friederici. 2004. Discrimination of Word Stress in Early Infant Perception: Electrophysiological Evidence. *Cognitive Brain Research 18*(2), 149-161.

Werker, J. F., J. H. Gilbert, K. Humphrey and R. C. Tees. 1981. Developmental Aspects of Cross-Language Speech Perception. *Child Development 52*(1), 349-355.

Werker, J. F. and R. C. Tees. 1983. Developmental Changes Across Childhood in the Perception of Non-Native Speech Sounds. *Canadian Journal of Psychology 37*(2), 278-286.

Werker, J. F. and R. C. Tees. 1984. Cross-Language Speech Perception: Evidence for Perceptual Reorganization During the First Year of Life. *Infant Behavior and Development 7*(1), 49-63.

Zevin, J. D., H. Datta1, U. Maurer, K. A. Rosania and B. D. McCandliss. 2010. Native Language Experience Influences the Topography of the Mismatch Negativity to Speech. *Frontiers in Human Neuroscience 4*, 1-13.

김은영
120-749 서울 서대문구 신촌동
연세대학교 심리학과
전화번호: 02-2123-4887
전자우편: majilake@gmail.com

김효림
120-749 서울 서대문구 신촌동
연세대학교 심리학과
전화번호: 02-2123-4887
전자우편: primewood@hanmail.net

송현주(교신저자)
120-749 서울 서대문구 신촌동
연세대학교 심리학과
전화번호: 02-2123-2449
전자우편: hsong@yonsei.ac.kr

전영미
120-749 서울 서대문구 신촌동
연세대학교 심리학과
전화번호: 02-2123-4887
전자우편: amyjun330@gmail.com

최영은
156-756 서울 동작구 흑석로 84
중앙대학교 심리학과
전화번호: 02-820-5898
전자우편: yochoi@cau.ac.kr

투고일자: 2011. 12. 25.
수정일자: 2012. 02. 10.
확정일자: 2012. 02. 20.