

# 소음 상황에서 건청 성인의 마찰음 지각에 관한 신호 가중치 전략 (Cue Weighting Strategy) 연구

한림국제대학원대학교 청각학과

이 선 미 · 방 정 화

## ABSTRACT

### Cue Weighting Strategy of Fricative Perception in Noise for Normal Hearing Listeners

Seonmi Lee and Junghwa Bahng

<sup>1</sup>Department of Audiology, Hallym University of Graduate Studies, Seoul, Korea

The purpose of this study was to estimate a difference of cue weighting strategies to perceive fricative sounds in normal hearing adults (NHA), across various listening conditions. Eighteen NHA participated to four listening conditions (quiet, 0, -5, and -10 dB SNR). Two seven-step continua of synthetic CV syllables were constructed, with frication pole frequency varied from /s/ to /ʃ/ within the continuum, and appropriate formant transition values varied across continua. Relative weights applied to the frication, transition, and interaction cues were determined. In quiet condition, NHA gave more perceptual weight to the formant transition cue than to the frication, whereas they gave more perceptual weight to the frication in noisy conditions, rather than the formant transition. Also, in noisy conditions, they attended more to the frication cues than in quiet condition, and at -10 dB SNR condition, cue weighting strategy of fricative perception was significantly different to other conditions. The weight given the degree of cue interaction was not different across four conditions. Results from comparison of this study and the previous study in quiet condition showed that Korean listeners gave more attention to transition cues than American listeners. The results suggest that 1) the longer duration cues were more weighted for perception in difficult listening condition than in easy listening condition, compared to the shorter duration cues and 2) Korean listeners and American listeners used the different cue weighting strategy for perception of fricative sounds.

**KEY WORDS** : Cue weighting strategy, Fricative, Fricative spectrum cue, F2 onset transition cue, Signal-to-Noise Ratio (SNR).

## INTRODUCTION

인간은 어음을 지각하기 위해서 다양한 음향 신호 (acoustic cue)를 사용한다. 신호가중치(cue weighting)란 이러한 다양한 음향 신호를 사용하는데 있어서 어음을 지각하기 위해 특정한 신호에 좀 더 집중하여 가중치를 두는 것을 의미한다(Mayo & Turk, 2004; Nittrouer &

Miller, 1997; Ohde & Harley, 1997; Walley & Carrell, 1983). 신호 가중치는 개인마다 차이가 있고 자음군의 유형, 청력상태, 연령, 듣기 환경 등에 의해서도 차이를 보일 수 있다(Hedrick et al., 2011; Hedrick & Younger, 2007; Nittrouer, 2002).

기존의 신호 가중치에 대한 여러 연구들은 조음 위치에 따른 자음의 지각에 대해 많이 이루어졌다(Nittrouer & Miller, 1997; Ohde & Harley, 1997; Walley & Carrell, 1983). Zeng & Turner(1990)는 모음 /i:/를 사용하여 마찰음 /s, f, θ, ʃ/의 어음 인지(speech recognition)에 대한 신호 가중치를 비교 보고하였다. 이 연구는 육성음(natural stimulus)과 컴퓨터 프로그램으로 만든 합성음(synthetic stimulus)을 사용하였다. 연구 결과, 건청

논문접수일: 2012년 05월 14일

논문수정일: 2012년 06월 11일

게재확정일: 2012년 06월 12일

교신저자: 방정화, 135-841 서울시 강남구 대치동 906-18

한림국제대학원대학교 303호

전화: 070-8680-6933, 전송: (02) 3453-6618

E-mail: bahng.jh@gmail.com

성인에서는 육성음과 합성음 모두에서 자음의 마찰 스펙트럼(fricative spectrum) 신호 하나만으로도 조음 위치에 따른 마찰음을 구별하는데 충분한 반면, 자음과 모음의 다리 역할을 하는 역동적 신호(dynamic cue)인 포먼트 전이 신호(F2)는 마찰음 인지를 위해 반드시 필요한 신호는 아니지만, 마찰음을 효과적으로 인지하기 위한 보조 역할을 한다고 밝혔다. 마찰 스펙트럼 신호보다 포먼트 전이 신호의 강도가 높은 특성으로 인해 특히, 자극음 제시 수준이 낮을 경우에는 스펙트럼 신호가 단독으로 제시되었을 때 보다 포먼트 전이 신호가 함께 제시되었을 때 마찰음 인지를 더 잘한다고 보고하였다.

Hedrick et al.(2011)은 건청 아동과 성인, 인공와우(cochlear implant, CI) 아동을 대상으로 모음 /u/를 사용하여 마찰음 /s, f/를 지각하기 위한 신호 가중치가 어떻게 다른지 마찰음 스펙트럼 신호와 포먼트 전이 신호를 사용하여 보고하였다. 어음은 모두 합성음을 사용하였다. 연구 결과, 모든 그룹에서 마찰음을 지각할 때 포먼트 전이 신호보다는 마찰 스펙트럼 신호에 더 가중치를 주는 것으로 나타났으며 마찰 스펙트럼 신호의 가중치는 건청 성인, 건청 아동, CI 아동 순으로 많은 비율(%)을 보였다. 두 신호 사이의 통합 신호(integration cue)는 모든 그룹에서 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다. 이 결과로 인하여 상대적으로 아동보다 말 언어적인 발달이 성숙한 성인의 경우 효과적인 어음의 인지를 위하여 좀 더 강도가 세고 긴 신호인 마찰 스펙트럼 신호를 이용하는데 반하여 그렇지 못한 아동은 어음을 인식하는데 있어서 성인의 비하여 효과적인 전략을 쓰지 못하는 것으로 나타났다. 또한 인공와우 수술을 한 아동의 경우 더욱이 듣기 전략의 발달 제약으로 인하여 정상청력의 아동보다 더 비효율적인 전략을 쓰는 것으로 보인다.

신호 가중치의 연구는 인간이 어음을 인지하는데 효과적으로 어음 신호에 집중할 수 있는 가를 본다. 일상생활에서의 언어환경은 조용한 상황이 아닌 배경소음이 존재하는 곳이기 때문에 실질적인 신호가중치의 연구를 살펴보기 위해서는 조용한 상황이 아닌 소음의 상황속에서 실시하는 것이 필요하다(Larsby et al., 2005). 소음 속에서의 신호가중치의 연구로 Hedrick & Younger(2007)는 모음 /a/를 사용하여 파열음 /p, t/의 지각에 대해 조용한 상황과 어음 잡음(speech noise)을 사용한 소음 상황에서의 신호 가중치를 보고하였다. 소음 상황은 신호 대 잡음비((signal-to-noise ratio, SNR)가 0 dB이고 사용된 신호는 상대 진폭과 F2, F3 포먼트 전이 신호이다. 연구 결과, 건청 성인은 조용한 상황에서 상대 진폭 신호는 무시하고 포먼트 전이 신호에

더 가중치를 주어 파열음을 지각한 반면 소음 상황에서는 상대 진폭 신호에 더 가중치를 주는 결과를 보였다. 소음 상황에서의 상대 진폭 신호 가중치는 조용한 상황에서의 가중치(33%)보다 더 많은 가중치(54%)를 보였다. 이 결과로 인간은 소음상황과 조용한 상황에서 어음을 인지하는 전략을 달리하는 것을 볼 수 있다.

본 연구의 목적은 앞에서 언급한 Hedrick et al.(2011)에서 사용한 마찰음 (/su/와 /fu/)을 이용하여 정상청력의 성인군에서 자극음에서의 소음 정도에 따른 (0, -5, -10 dB SNR) 신호가중치 전략을 보고자 한다. 또한 Hedrick et al.(2011)에 참여하였던 영어권 건청 성인 참가자의 결과와 본 논문의 참여한 건청 성인 한국어 사용자들의 조용한 곳에서의 신호전략 가중치 전략에 대하여 비교하고자 한다.

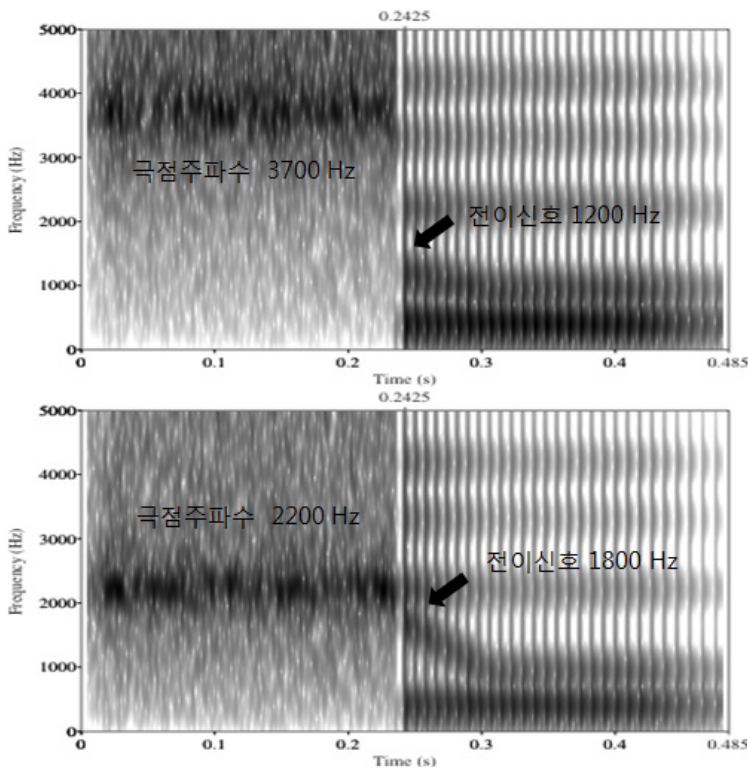
## MATERIALS AND METHODS

### 연구대상

본 연구에서는 건청 성인 18명(남 3명, 여 15명)이 참가하였다. 250-8,000 Hz 내 옥타브 단위의 전 주파수에서 20 dB HL 이하의 청력 역치와 A형 고막운동도를 보인 대상자로 선정하였으며 평균 연령은 25.8세(22-36세)였다. 모든 대상자는 한국어를 모국어로 하였다.

### 연구장비 및 재료

자극음은 인위적인 CV 음절인 마찰음 /su-/ /fu/로 software cascade/parallel formant synthesizer를 사용하여 만들었고(Klatt, 1980), 선행 논문과 동일한 자극음을 사용하였다(Hedrick et al., 2011). 자극음은 두 개의 음향 신호를 조절하였다: 1) 마찰 스펙트럼의 극점 주파수를 2,200 Hz 에서 3,700 Hz까지 250-Hz 단계 (총 7 단계)로 조절하였다. 2,200 Hz는 가장 /f/다운 자극음의 극점 주파수이고 3,700 Hz는 가장 /s/다운 자극음의 극점 주파수이다. 2) 포먼트 전이 시작 주파수를 1,200 Hz나 1,800 Hz 둘 중 한 개를 사용하였다. 1,200 Hz는 가장 /su/다운 자극음의 포먼트 전이 시작 주파수이고 1,800 Hz는 가장 /fu/다운 자극음의 포먼트 전이 시작 주파수이다(Table 1). 각 CV 음절은 7개로 총 14 개의 자극음으로 구성된다. 조용한 상황에서의 가장 /s/다운 자극음과 가장 /f/다운 자극음의 스펙트로그램(spectrogram)은 Fig. 1에 제시하였다.



**Figure 1.** 가장 /su/ 다운 자극음(위)과 /fu/ 다운 자극음(아래)의 스펙트로그램  
 : /su/ 3,700 Hz의 스펙트럼 신호(그림에서 굵은 선으로 나타난 곳)와 1,200 Hz(그림에서 화살표로 표시한 곳)의 전이 신호를 가진 음.  
 : /fu/ 2,200 Hz의 스펙트럼 신호(그림에서 굵은 선으로 나타난 곳)와 1,800 Hz(그림에서 화살표로 표시한 곳)의 전이 신호를 가진 음.

**Table 1.** 자극음의 특성

전이(2) (Hz)	스펙트럼(7) (Hz)	총 자극음 개수
1,200 (/su/ 포먼트 전이)	2,200 (/f/ 스펙트럼)	2 (전이 신호) × 7 (스펙트럼 신호) = 14 개
	2,450	
	2,700	
	2,950	
1,800 (/fu/ 포먼트 전이)	3,200	
	3,450	
	3,700 (/s/ 스펙트럼)	

또한 본 연구에서는 다양한 듣기 상황을 제시하였다: (1) 조용한 상황, (2) 어음 잡음(speech noise)을 배경소음으로 한 0, -5, -10 dB SNR 상황. 소음 상황에서, 어음 잡음은 자극음과 혼합했다. 어음 잡음은 백색 잡음(white noise)을 1/3 octave band별로 조절하여 생성하였다. 이때 표본화 주파수(sampling frequency)와 표본비트(sampling bit)는 각각 44,100 Hz와 16 bit였다. 강도를 일정하게 하기 위해 Adobe Audition 3.0 프로그램을 통해 평균 실효치(root mean square)를 조정하였다.

### 연구절차

본 연구의 모든 절차는 방음실에서 실시하였다. 모든 대상자들은 검사 시작 전, 육성(live voice)으로 /su/와 /fu/를 들은 후 스피커를 통해 가장 /su/다운 자극음과 가장 /fu/다운

자극음을 듣는 연습 단계를 거쳤다. 선행연구의 기준에 따라(Hedrick et al., 2011) 총 10회의 연습 중 각각 자극음을 정확하게 5회 이상 맞힌 대상자만 연구에 포함시켰다. 자극음은 노트북 컴퓨터(SENS P55, SAMSUNG)로 보정한(ANSI, 1996) 청력검사기 GSI 61(Grason-Stadler)로 제시하였다. 대상자들은 0° 방위각(azimuth)의 방음실에서 스피커로부터 1 m의 거리에 위치하였고 자극음은 스피커를 통해 70 dB SPL에서 제시되도록 Bruel & Kjaer사의 소음측정기(sound level meter, type 2235L)를 이용해 보정하였다. 각 자극음이 제시되면 대상자들은 검사지에 들은 것을 직접 표기하였다. 실험 단계 동안, 14개의 자극음은 무작위 순서로 10회씩 포함하여 총 140개를 제시하였다. 실험 대상자는 총 560회(14개 자극음×10회×4가지 듣기 상황)의 자극음에 대하여 반응하였다. SNR 상황의 실험 시작 전에는 추측하여 반응하는 것을 방지하기 위하여 각 상황에서 가장 /su/다운 자극음과 가장 /fu/다운 자극음을 50% 이상 정반응하는지 확인하였다. 자극음과 듣기 상황 순서는 무작위로 제시되었고, 검사 동안 휴식시간은 갖지 않았다. 총 검사시간 1명당 30분 내외였다.

### 분석방법

본 연구 결과의 통계분석을 위해 SPSS (version 12.0)를 사용하였고 신호 가중치 비율의 경우 백분율(%)로 표현

되는 변수이므로 정규성 확보를 위한 역사인변환(arcsine transformation) 후의 통계분석을 시행하였다. Huynh-Feldt 수정방식을 사용하였고 모든 통계분석에서 유의수준은  $p < .05$  에서 검증하였다. 각 분석 방법은 다음과 같다.

- 1) 각각의 듣기 상황 별로 마찰음 지각에서 사용되는 전이 신호(/su/-1,200 Hz, /fu/-1,800 Hz), 마찰 스펙트럼 신호(2,200, 2,450, 2,700, 2,950, 3,200, 3,450, 3,700 Hz)의 효과를 알아보기 위해 반복측정 이원분산분석(two-way ANOVA with repeated measures)을 사용하였다. 각 듣기 상황(조용한 상황, 0 dB, -5 dB, -10 dB SNR 상황)의 신호 가중치 전략이 서로 다른지 확인하기 위해 최소 유의차(Least Squares Distance, LSD) 방법으로 사후 검정을 실시하였다.
- 2) 각 듣기 상황의 마찰음 지각에서 전이 신호, 마찰 스펙트럼 신호를 사용하는데 차이가 있는지 확인하기 위하여 반복측정 삼원분산분석(three-way ANOVA with repeated measures)을 사용하였다. 또한, 각 듣기 상황에서 전이 신호와 마찰 스펙트럼 신호, 두 신호 간 통합 신호의 상대적인 가중치(relative perceptual weights)를 계산하기 위하여 ANOVA 모델을 사용하였다(Hedrick & Younger, 2001, 2003, 2007). 이 때, 가중치는 총 변수의 제공함에 대한 각각의 변수의 비율로 계산하였다.
- 3) 본 연구에 참여한 한국어를 모국어로 사용하는 건청 성인과 Hedrick et al.(2011)의 영어를 모국어로 사용하는 건청 성인의 결과를 비교하였다. 두 그룹 간의 마찰음 지각에서 사용되는 전이 신호, 마찰 스펙트럼 신호의 가중치 전략을 비교하기 위해 반복측정 삼원분산분석(three-way ANOVA with repeated measures)을 시행하였다. 각 CV 음절에 대한 두 그룹 사이의 차이를 구분하기 위해 일원분산분석(one-way ANOVA)을 수행하였다. 전이 신호, 스펙트럼 신호, 통합 신호 사이의 상관관계와 관련된 전체 1종 오류(Familywise Type I error rate)를 유의수준  $p < .05$  에서 통제시키기 위하여 Sequential Bonferroni 방법을 사용하였다.

## RESULTS

본 연구에서는 건청 성인군을 대상으로 마찰음 지각 시 조용한 상황과 소음 상황의 신호 가중치 전략에 차이가 있는지 알아보았다.

### 1. 조용한 상황과 소음 상황에서의 신호 가중치 전략 비교

각 듣기 상황에서 마찰음 지각 시 사용되는 전이 신호와 마찰 스펙트럼 신호, 두 신호 간 통합 신호의 상대적인 가중치를 ANOVA 모델을 사용하여 계산한 결과는 Table 2 와 같다.

**Table 2.** 전이, 스펙트럼, 통합 신호의 분산 비율(%)

신호	조용한 상황	0 dB SNR 상황	-5 dB SNR 상황	-10 dB SNR 상황
전이	37	11	5	.4
스펙트럼	28	68	77	73
통합	3	3	2	1
합계	68	82	84	74.4

조용한 상황에서의 전이 신호는 37%, 스펙트럼 신호는 28%의 가중치를 두는 것으로 보였다. 소음 상황의 경우, 0 dB SNR 상황일 때 전이 신호는 11%, 스펙트럼 신호는 68%를 보였고 -5 dB SNR 상황일 때 전이 신호는 5%, 스펙트럼 신호는 77%를 보였고, -10 dB SNR 상황일 때 전이 신호는 0.4%, 마찰 스펙트럼 신호는 73%를 보였다. 즉, 소음이 심한 환경일수록 스펙트럼 신호의 가중치는 점점 증가한 반면 전이 신호의 가중치는 감소하였다. 통합 신호는 모든 상황에서 유사한 가중치를 보였으나 전이 및 스펙트럼 신호의 가중치에 비해 비교적 낮은 비율을 보였다. 사용된 신호 비율의 합계 외 나머지 비율은 오류율을 나타내는데 조용한 상황에서 사용된 신호 비율이 68%로 가장 낮았다. 즉, 조용한 상황에서 오류율이 32%로 가장 높았음을 의미한다.

**Table 3.** 듣기 상황에 따른 반복측정 삼원분산분석(three-way ANOVA with repeated measures) 결과

	조건	F	df	p
주효과 (Main effects)	듣기 상황	10.75	2.69	.000
	전이 신호	99.25	1.00	.000
	스펙트럼 신호	208.23	2.92	.000
상호작용 (Interaction)	듣기 상황 x 전이 신호	26.73	2.48	.000
	듣기 상황 x 스펙트럼 신호	15.58	8.86	.000
	전이 신호 x 스펙트럼 신호	10.61	2.92	.000
	듣기 상황 x 전이 신호 x 스펙트럼 신호	3.69	13.03	.000

조용한 상황과 소음 상황에서 마찰음 지각 시 사용되는 포트먼트 전이 신호와 스펙트럼 신호의 효과를 알아보기 위해 반복측정 삼원분산분석(three-way ANOVA with repeated measures)을 시행하였다. 분석 결과는 Table 3 같다. 듣기 상황  $[F(2.69, 45.67) = 10.75, p < .05]$ ,

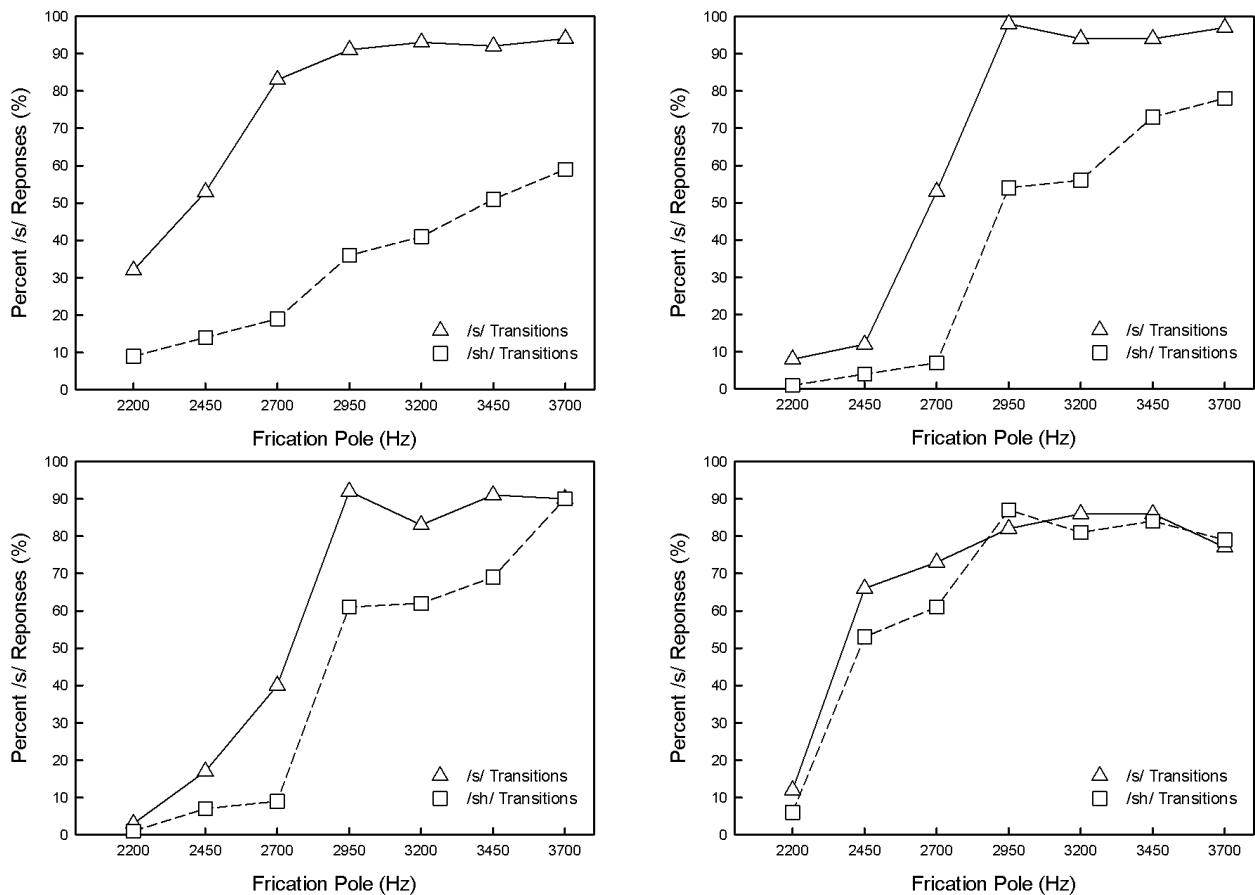


Figure 2. 각 듣기 상황에서 건청 성인의 마찰음 지각 평균: 조용한 상황(좌상), 0 dB SNR(우상), -5 dB SNR(좌하), -10 dB SNR(우하)

전이 신호 [ $F(1, 17) = 99.25, p < .05$ ], 스펙트럼 신호 [ $F(2.92, 49.69) = 208.23, p < .05$ ]에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 즉, 각 상황에서 전이 신호와 스펙트럼 신호의 사용에 대한 주효과가 있음을 의미한다. 또한, 듣기 상황×전이 신호 간의 상호작용 [ $F(2.48, 42.12) = 26.73, p < .05$ ]과 듣기 상황 × 스펙트럼 신호 간의 상호작용 [ $F(8.86, 150.69) = 15.58, p < .05$ ], 전이 신호 × 스펙트럼 신호 간의 상호작용 [ $F(2.92, 49.68) = 10.61, p < .05$ ], 듣기 상황 × 전이 신호 × 스펙트럼 신호 간의 상호작용 [ $F(13.03, 221.45) = 3.69, p < .05$ ]이 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

각 듣기 상황의 신호 가중치 전략이 서로 다른지 확인하기 위해 사후 검정을 실시한 결과는 Table 4와 같다. 조용한 상황과 -10 dB, 0과 -10 dB, 그리고 -5와 -10 dB의 상황에서 서로 유의미한 차이를 보였다( $p < .05$ ). 즉, 다른 상황에 비해 -10 dB SNR 상황일 때만 전략적인 차이를 보였다.

Table 4. 각 듣기 상황 별 사후검정 결과

	조용한 상황	0 dB SNR 상황	-5 dB SNR 상황	-10 dB SNR 상황
조용한 상황	·	.091	.163	.007
0 dB SNR 상황	·	·	.475	.000
-5 dB SNR 상황	·	·	·	.000
-10 dB SNR 상황	·	·	·	·

듣기 상황과 전이 신호 간의 상호작용을 확인하기 위해 사후 검정을 실시한 결과, 듣기 상황과 전이 신호 간의 유의한 상호작용은 모든 상황에서 /su/ 전이 신호를 더 많이 사용하였다. 그러나, 0, -5, -10 dB SNR 로 갈수록 /fu/ 전이 신호의 사용이 증가했다. 즉, 듣기 상황에 따라 각 전이 신호의 사용 가중치가 달라진 것으로 나타났다.

듣기 상황과 스펙트럼 신호 간의 상호작용을 확인하기 위해 사후 검정을 실시한 결과, 듣기 상황과 스펙트럼 신호 간의 유의한 상호작용은 모든 상황에서 /s/ 스펙트럼

신호를 더 많이 사용함을 알 수 있다. 조용한 상황에서는 2,200 Hz(/f/ 스펙트럼 신호)부터 3,700 Hz(/s/ 스펙트럼 신호)까지 사용 가중치가 점차적으로 증가했고 0, -5 dB SNR 에서는 2,950 Hz부터, -10 dB SNR에서는 2,450 Hz부터 사용 가중치가 급격하게 증가했다. 즉, 듣기 상황에 따라 각 스펙트럼 신호의 사용 가중치가 달라진 것으로 나타났다.

조용한 상황에서 건청 성인의 마찰음 지각 평균, 소음 상황인 0, -5, -10 dB SNR의 평균은 각각 Fig. 2와 같다. 세로축은 /s/의 평균 반응을 보여주며 가로축은 스펙트럼 주파수를 나타낸다. 범례는 포먼트 전이의 유형을 가리킨다(/su/, /fu/). 명확하게 말하면, 실선은 /su/의 포먼트 전이 시작 주파수(1,200 Hz)인 자극음을 표현한다. 점선은 /fu/의 포먼트 전이 시작 주파수(1,800 Hz)인 자극음을 표현한다. 조용한 상황과 소음 상황에서의 마찰음 지각 평균 결과, 조용한 상황보다 소음 상황에서 /s/에 대한 반응율이 감소하는 경향을 보였다. 소음 상황의 경우를 살펴 보면, 소음이 많은 상황일수록 /f/ 자극음을 /s/라고 반응하는 것을 볼 수 있다. 즉, 소음이 많을수록 /su/와 /fu/의 구별이 어려워진다는 것을 의미한다.

## 2. 한국과 미국 건청 성인의 신호 가중치 전략 비교

조용한 상황일 때 한국과 미국 건청 성인의 마찰음 지각 시 사용되는 포먼트 전이 신호와 스펙트럼 신호 가중치의 전략을 비교하기 위해 반복측정 삼원분산분석(three-way ANOVA with repeated measures)을 시행하였다. 미국 건청 성인은 총 10명의 자료를 비교 분석하였다. 분석 결과는 Table 5와 같다.

**Table 5.** 한국과 미국 건청 성인의 반복측정 삼원분산분석(three-way ANOVA with repeated measures) 결과

		조건	F	df	p
주 효과	피험자 간 변인	그룹	.71	1	.406
		피험자 내 변인			
		전이 신호	72.97	1.00	.000
		스펙트럼 신호	131.43	3.39	.000
상호 작용		전이 신호 x 그룹	7.84	1.00	.010
		스펙트럼 신호 x 그룹	19.58	3.39	.000
		전이 신호 x 스펙트럼 신호	10.49	3.64	.000
		전이 신호 x 스펙트럼 신호 x 그룹	.89	3.64	.466

전이 신호 [ $F(1, 26) = 72.97, p < .05$ ], 스펙트럼 신호 [ $F(3.39, 88.07) = 131.43, p < .05$ ]에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 그러나 그룹에 따라서는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 즉, 한국 성인과 미국 성

인의 신호 가중치 전략이 다르지 않음을 의미한다. 또한, 전이 신호 × 그룹 간의 상호작용 [ $F(1, 26) = 7.84, p < .05$ ] 과 스펙트럼 신호 × 그룹 간의 상호작용 [ $F(3.39, 88.07) = 19.58, p < .05$ ], 전이 신호 × 스펙트럼 신호 간의 상호작용 [ $F(3.64, 94.61) = 10.49, p < .05$ ] 이 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 그러나, 전이 신호 × 스펙트럼 신호 × 그룹 간의 상호작용은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

전이 신호와 스펙트럼 신호 간의 상호작용을 확인하기 위해 자극음 CV 음절에 대한 한국 건청 성인과 미국 건청 성인의 일원분산분석(one-way ANOVA)을 시행하였다. 분석 결과는 Table 6과 같다. 본 연구에 사용된 CV 자극음 14 개 중 4 개의 자극음인 /su/ 전이 신호와 2,200, 2,450, 2,700 Hz 스펙트럼 신호를 포함한 자극음과 /fu/ 전이 신호와 3,700 Hz 스펙트럼 신호를 포함한 자극음에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $p < .05$ ). 또한, 두 그룹 사이에서 가장 /su/ 혹은 /fu/ 다운 자극음은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 즉, 한국 건청 성인이 두 자극음에 대해 미국 건청 성인과 유사한 지각 능력을 가진다는 것으로 나타났다.

**Table 6.** 각 CV 음절에 대한 한국과 미국 건청 성인의 일원분산분석 결과

전이	스펙트럼(Hz)	F	p	Adjusted p
/s/	2,200	11.23	.002	.027
	2,450	24.23	.000	.001
	2,700	17.25	.000	.004
	2,950	2.98	.096	.385
	3,200	.86	.362	.724
	3,450	3.55	.071	.354
	3,700	3.81	.062	.371
/f/	2,200	4.58	.042	.336
	2,450	2.13	.156	.469
	2,700	4.46	.045	.312
	2,950	.67	.422	.422
	3,200	4.79	.038	.340
	3,450	9.25	.005	.053
	3,700	13.05	.001	.015

## DISCUSSIONS AND CONCLUSIONS

본 연구에서는 건청 성인을 대상으로 듣기 상황에 따라 마찰음을 지각하기 위한 신호 가중치 전략에 차이가 있는지를 연구하였다. 소음 상황은 SNR을 다르게 하여 소음이 점점 커질수록 마찰음을 지각하는 신호에 대한 전략이 바

꾸는지 확인하고자 하였다.

### 1. 소음 상황에서의 신호 가중치 전략

소음 상황에서의 마찰음 지각 평균 결과는 SNR이 감소할수록 즉, 소음이 많은 상황일수록 /f/ 자극음을 /s/라고 반응하는 것을 볼 수 있다. 이것은 소음이 많을수록 /su/와 /fu/의 구별이 어려워진다는 것을 나타낸다. Holmes et al.(1983)에 의하면 전화 통화 시 주변 소음에 따라 건청인의 어음 명료도(Word Discrimination Score, WDS)는 주변 소음이 증가할수록 WDS가 감소한다고 보고하였다. 또한, Shimizu et al.(2002)은 일본어를 사용하는 건청인의 소음 환경에서의 영어 인지 능력은 SNR이 감소할수록 저하된다는 연구 결과를 보고하였다. 이렇듯 본 연구에서도 소음의 영향으로 인해 영어 마찰음 지각에 어려움이 따른 것으로 생각된다.

통계 결과로 보면 전이 신호와 스펙트럼 신호, 이 두 신호 간 통합 신호 모두 마찰음 지각 시 영향을 미치는 것으로 보이는데 먼저 0 dB SNR에서 각 신호들의 가중치 비율을 보면 전이 신호는 11%, 스펙트럼 신호는 68%, 통합 신호는 3%, -5 dB SNR에서는 전이 신호는 5%, 스펙트럼 신호는 77%, 통합 신호는 2%를 보이고 -10 dB SNR에서는 전이 신호는 0.4%, 스펙트럼 신호는 73%, 통합 신호는 1%를 보였다. 이러한 비율로 보면 소음 상황에서는 마찰음을 지각하기 위해 스펙트럼 신호에 더 많은 가중치를 주는 패턴을 볼 수 있다. 그러나 사후 검정 결과, -10 dB SNR이 다른 듣기 상황과 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 즉, -10 dB SNR에서의 마찰음 지각 시 신호 가중치 전략에 있어서 영향을 준다고 볼 수 있다. 이는 건청 성인에서 동측에 소음을 제시한 경우에 SNR이 감소함에 따라 단어인지도(Word Recognition Score, WRS)가 감소하는데 특히 0 dB SNR에서 -10 dB SNR로 소음이 증가할 때 WRS의 급격한 하락을 보인다고 보고한 이상백 외(2008)의 연구와 유사한 결과라고 생각할 수 있다. 또한, 사용된 신호 비율의 합계의 경우, 조용한 상황에서 오류율이 32%로 가장 높게 나타났는데 이는 소음 상황에 비해 조용한 상황에서 주어진 두 개의 신호 뿐만 아니라 다른 신호들에도 가중치를 주어 마찰음을 지각했기 때문일 것으로 해석할 수 있다.

본 연구에 사용된 가장 /su/다운 자극음과 가장 /fu/다운 자극음의 지속시간을 살펴봤을 때, /su/의 경우 스펙트럼 신호는 약 233 ms의 지속시간을 가진 반면 전이 신호는 약 67 ms의 지속시간을 갖으며 /fu/의 경우 스펙트럼 신호는 약 232 ms의 지속시간을 가진 반면 전이 신호는

약 74 ms의 지속시간을 갖는다. 즉, 전이 신호는 스펙트럼 신호보다 짧은 지속시간을 갖는다. 따라서 소음이 더 많아질수록 스펙트럼 신호의 가중치가 점점 증가하는 것은 전이 신호의 특성인 짧은 지속시간으로 인해 소음이 많으면 많을수록 그 소음 속에 전이 신호가 묻히게 되어 소음 상황에서는 전이 신호가 아닌 스펙트럼 신호를 사용하여 마찰음을 지각하는 것으로 해석할 수 있다.

Hedrick & Younger(2007)는 조용한 상황의 경우, 건청 성인은 F2, F3 전이 신호에 43%, 상대 진폭 신호에 33%, 통합 신호에 9%의 가중치를 주어 파열음을 지각하는 반면 0 dB SNR 소음 상황의 경우, F2, F3 전이 신호는 23%, 상대 진폭 신호는 54%, 통합 신호는 11%의 가중치를 주어 파열음을 지각한다고 보고하였다. 파열음을 지각하기 위한 소음 속에서의 전략은 조용한 상황보다 음성 변화를 인식하기 위해 더 강한 상대 진폭 값을 필요로 하기 때문에 상대 진폭 신호에 더 많은 가중치를 준다고 하였다. 조용한 상황일 때와 소음 상황일 때 파찰음을 지각하는 데에 사용되는 신호 가중치 전략이 다른 양상을 보였는데 본 연구에서 소음 상황일 때 마찰음을 지각하는데 사용되는 신호 가중치 전략이 다르게 나타난 것과 일치하였다.

본 연구에서는 전이 신호가 마찰음 지각에서 중요한 신호임에도 불구하고 소음 상황에서는 사용하는데 어려움을 보인다는 결과를 보였다. 이는 Hedrick & Younger(2007)의 연구 결과와 함께 봤을 때, 소음 상황에서 어음을 지각하기 위해서는 소리가 크고(louder) 지속시간이 긴(longer) 신호에 가중치를 더 주는 것으로 볼 수 있다. 그러므로 청취가 제한된 상황에서 어음을 지각하기 위해서는 제한되지 않은 상황과 다른 효과적인 전략을 사용하여 어음을 지각하는 것을 알 수 있다. 특히, 난청인의 경우는 제한된 상황에서 어음을 지각하는 것에 건청인보다 더욱 영향을 많이 받을 수 있는데, 이는 제한된 상황에서의 난청인의 신호 가중치 전략이 건청인과 다를 수 있다는 것을 의미한다.

### 2. 조용한 상황에서의 한국과 미국 건청 성인의 신호 가중치 전략

조용한 상황에서의 신호 가중치 비율은 스펙트럼 신호의 가중치가 28%, 전이 신호의 가중치가 37%, 통합 신호의 가중치가 3%로 총 68%를 보였다. 그러나 선행논문 Hedrick et al.(2011)에서 보고한 미국 건청 성인의 스펙트럼 신호의 가중치는 84%, 전이 신호의 가중치는 3%, 통합 신호의 가중치는 3%로 총 90%의 가중치 비율을 보고하였다. 본 연구 결과는 세 개의 신호 중 특히, 전이 신

호에 많은 가중치를 주는 것으로 나타났다. 이는 마찰음 /s/, 혹은 /f/를 지각할 때 다른 신호보다 스펙트럼 신호에 더 가중치를 준다는 선행 연구와 다른 결과를 보였다(Hedrick et al., 2011; Pittman & Stelmachowicz, 2000; Zeng & Turner, 1990). 또한, 마찰음을 지각하기 위해 90%를 사용한 미국 건청 성인보다는 다소 적은 비율인 68%를 사용하여 마찰음을 지각했는데 이 결과로 보면 한국 건청 성인은 이번 논문에서 사용된 마찰음을 지각하는 데 있어 미국 성인보다 오류를 많이 범했다는 것으로 볼 수 있다. 이러한 결과는 논문에서 사용된 자극음이 한국어에 없는 어음일 것이기 때문일 것으로 추측해 볼 수 있다. 본 연구에서 사용된 자극음은 영어 마찰음 /su/와 /fu/로 한국어를 모국어로 사용하는 본 대상자들에게는 익숙하지 않은 음이다. Flege(1981)는 성인의 경우 모국어(L1, first language)와 제 2언어(L2, second language)를 구분하는 데 있어 두 언어 사이에 존재하는 인지가 음성적 차이를 효과적으로 사용하는 것을 방해하는 요인으로 작용한다고 보고하였다. von Hapsburg & Bahng(2009)에 따르면 L2의 숙달 정도가 높은 이중 언어 사용자(bilingual)에서 소음 속에서의 L1의 어음 지각은 L2의 숙달 정도가 낮은 사용자에 비해 SNR이 감소된 소음이 많은 상황일수록 더 영향을 받는다고 보고한 바 있다. 이를 고려해볼 때 대상자가 영어 마찰음 /su/와 /fu/를 들을 때 음향적으로 다른 특성을 가진 한국어 마찰음의 간섭으로 인해 본 연구의 자극음을 정확하게 청취하는 것에 어려움을 가졌을 것으로 보인다. 또한, 영어 마찰음은 마찰구간의 지속시간, 기식구간의 지속시간, 기식구간 대 마찰구간의 지속시간 비율, 마찰구간의 무게중심, 마찰구간의 왜도(skewness)에서 L1의 간섭현상을 적지 않게 받고 있으며 한국어 모국어 화자가 영어 특유의 음성적 특성을 제대로 습득하지 못하고 있다는 보고한 정진숙(2005)의 연구 결과에 비추어 볼 때 본 연구 결과에서도 이러한 특성이 반영되었다고 생각된다.

### 3. 향후 연구

본 연구에서는 건청 성인군만을 대상으로 실험을 진행하여 그 한계가 있다. 신호 가중치 전략은 개인마다 차이가 있는데 특히 아동과 성인에서 유의하게 다르다는 연구가 많이 선행되어 왔다. Nittrouer(1997, 2002)는 언어 경험의 증가로 인해 지각 전략(perceptual strategy)은 수정된다는 발달 가중치 변화(Developmental Weighting Shift, DWS) 가설을 주장하였고 이와 대조적으로 Sussman(2001)은 언어 결정에 영향을 미치는 음향 변수로 청각

민감도(auditory sensitivity)를 제안하는데 아동의 어음 신호 가중치 전략은 성인과 다르다고 주장하였다. 모음을 지각할 때 전이 신호보다 스펙트럼 신호 같은 길고 큰 신호에 더 가중치를 준다고 보고하였다. 이처럼 이전 연구들에서 사용되는 방법론의 차이로 인해 어린 아동들이 사용하는 지각 전략에 관한 의견 일치는 보이지 않지만 성인과는 다르다는 것에는 동일하다. 난청 아동의 경우 제한된 가청 범위를 갖고, 언어 경험도 적으며 건청 아동보다 상대적으로 소리의 왜곡을 겪는다(Carney & Moeller, 1998). 이러한 점으로 미루어 볼 때, 난청 아동은 건청 아동과 다른 어음 지각 전략을 가질 것으로 예상할 수 있다. 따라서, 향후 연구는 건청 및 난청 성인과 아동의 어음 신호 가중치 전략이 어떻게 발달하는지에 초점을 맞춰 진행해야 할 것이다. 또한, 이러한 어음 지각 전략이 소음이 있는 상황에서는 어떻게 발달하는지도 연구해야 할 것이다. 어음 신호 가중치 전략의 발달을 더 잘 이해하기 위해서는 먼저 각 자음에서 다양한 모음이 신호 가중치 전략에 미치는 영향, 건청 및 난청 성인과 아동의 신호 가중치 전략 차이, 다양한 듣기 환경(예, 반향)이 신호 가중치 전략에 어떠한 영향을 미치는지 등에 대해 이루어져야 할 것으로 생각된다.

## REFERENCES

- 정진숙 (2005). 한국어 모국어 화자의 영어 /s/와 /f/ 발음에 대한 실험 음성학적 분석. 원광대학교 대학원 석사학위논문. 전라북도.
- Carney, A. E. & Moeller, M. P. (1998). Treatment of efficacy: Hearing low in children. *Journal of the Acoustical Society of America*, 41(1), 61-84.
- Flege, J. E. (1981) The phonological basis of foreign accent: A hypothesis. *TESOL Quarterly*, 15, 443-455.
- Hedrick, M. S. & Younger, M. S. (2001). Perceptual weighting of relative amplitude and formant transition cues in aided CV syllables. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 44(5), 964-974.
- Hedrick, M. S. & Younger, M. S. (2003). Labeling of /s/ and /f/ by listeners with normal and impaired hearing, revisited. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 46(3), 636-648.
- Hedrick, M. S. & Younger, M. S. (2007). Perceptual weighting of stop consonant cues by normal and impaired listeners in reverberation versus noise. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 50(2), 254-269.
- Hedrick, M. S., Bahng, J., von Hapsburg D., & Younger M. S. (2011). Weighting of Cues for Fricative Place of Articulation Perception by Children Wearing Cochlear Implants. *International Journal of Audiology*, 50(8), 540-547.
- Holmes, A. E., Frank, T., & Stoker, R. G. (1983). Telephone listen-



- ing ability in a noisy background. *Ear and Hearing*, 4(2), 88-90.
- Klatt, D. H. (1980). Software for a cascade/parallel formant synthesizer. *Journal of the Acoustical Society of America*, 67(3), 971-995.
- Larsby, B., Hallgren, M., Lyxell, B., & Arlinger, S. (2005). Cognitive performance and perceived effort in speech processing tasks: Effects of different noise backgrounds in normals and in hearing-impaired subjects. *International Journal of Audiology*, 44(3), 131-143.
- Mayo, C. & Turk, A. (2004). Adult-child differences in acoustic cue weighting are influenced by segmental context: Children are not always perceptually biased toward transitions. *Journal of the Acoustic Society of America*, 115(6), 3184-3194.
- Nittrouer, S. & Miller, M. E. (1997). Predicting developmental shifts in perceptual weighting schemes. *Journal of the Acoustical Society of America*, 101(4), 2253-2266.
- Nittrouer, S. (2002). Learning to perceive speech: How fricative perception changes, and how it stays the same. *Journal of the Acoustical Society of America*, 112(2), 711-719.
- Ohde, R. N. & Haley, K. L. (1997). Stop-consonant and vowel perception in 3- and 4-year old children. *Journal of the Acoustical Society of America*, 102(6), 3813-3874.
- Pittman, A. L. & Stelmachowicz, P. G. (2000). Perception of voiceless fricatives by normal-hearing and hearing-impaired children and adults. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 43(6), 1389-1401.
- Shimizu, T., Makishima, K., Yoshida, M., & Yamaqishi, H. (2002). Effect of background noise on perception of English speech for Japanese listeners. *Auris Nasus Larynx*, 29, 121-125.
- Sussman, J. E. (2001). Vowel perception by adults and children with normal language and specific language impairment: Based on steady states or transition? *Journal of the Acoustical Society of America*, 109(3), 1173-1180.
- von Hapsburg, D. & Bahng J. (2009). Effects of Noise on Bilingual Listeners' First Language (L1) Speech Perception. *Perspectives on Hearing and hearing disorders: Research and Diagnostics*, 13(1), 21-26.
- Walley, A. C. & Carrell, T. D. (1983). Onset spectra and formant transitions in the adult's and child's perception of place of articulation in stop consonants. *Journal of the Acoustical Society of America*, 73(3), 1011-1022.
- Zeng, F. G. & Turner, C. W. (1990). Recognition of voiceless fricatives by normal and hearing-impaired subjects. *Journal of Speech and Hearing Research*, 33(3), 440-449.