

청각장애 아동과 일반 아동의 마찰음에 나타난 음향음성학적 특성 비교

Comparison of Acoustic Phonetic Characteristics of Korean Fricative Sounds Pronounced by Hearing-impaired Children and Normal Children

김 윤 하¹⁾ · 김 은 연²⁾ · 장 승 진³⁾ · 최 예 린⁴⁾
Kim, YunHa · Kim, Eunyeon · Jang, Seoung-Jin · Choi, Yaelin

ABSTRACT

Alveolar fricative sounds /s/ and /s'/ are learned last for normal children in the speech development process for Koreans. These are especially difficult to articulate for hearing-impaired children often causing articulation errors. The acoustic phonetic evaluation uses testing tools to provide indirect and object information. These objective resources can be compared with standardized resources on speech when interpreting the results of a test. However, most previous studies in Korea did not consider acoustic studies that used the spectrum moment values of hearing-impaired children. Therefore, this study was conducted to compare the characteristics of hearing-impaired children's pronunciation of fricative sounds using spectrum moment values. For this purpose, the study selected a total of 10 hearing-impaired children (5 boys and 5 girls) currently in 3rd or 5th grade and attending one of the elementary schools in Seoul or Gyeonggi-do. For the selection process, their age, type of hearing aid, implantation of hearing aid (CI) before two years of age, hearing capacity (dB) before and after wearing the hearing aid, duration of speech rehabilitation, and time of learning alveolar fricative sounds were all considered. Also, 10 normal children (5 boys and 5 girls) were selected among 3rd or 5th grade students attending one of the elementary schools in Seoul or Gyeonggi-do. The subjects were asked to read the carrier sentence, "I say _____," including a list of 12 meaningless syllables composed of CV and VCV syllables, including alveolar fricative sounds /s/ and /s'/ and vowels /a/, /i/, and /u/. The recorded resources were processed through the Time-frequency Analysis Software Program to measure M1 (mean), M2 (variance), M3 (skewness), and M4 (kurtosis) of the fricative noise. No significant differences were found when comparing spectrum threshold values in the acoustic phonetic characteristics of hearing-impaired children and normal children in alveolar fricative sound pronunciation according to vowels /a/, /i/, and /u/, alveolar fricative sounds /s/ and /s'/, and syllable structure (CV, VCV) other than, for M3 in the comparison of groups according to disability. In the comparison of syllable structures, there were statistically significant differences in M1, M2, M3, and M4 with clinical significance. However, there was no significant difference in results when comparing the alveolar fricative sounds according to the vowels.

Keywords: Hearing-impaired, Acoustic Phonetic Analysis, Alveolar Fricative Sound, Spectrum Moment

1. 서론

1.1 연구목적

정상적으로 말소리를 산출하기 위해서는 자신의 말소리와 타인의 말소리를 들을 수 있어야 한다. 즉, 정상 아동은 말소리 모방(imitation)과 자기 감지(self monitoring)를 통하여 올바른 말소리를 습득하게 된다(김수진 외, 2007). 그러나 청각장애인은 청각장애로 인하여 말소리를 들을 수 없기 때문에 정상적인 말소리를 산출하는 데 문제가 생길 수 있다.

-
- 1) 명지대학교, pooh820723@hanmail.net, 제1저자
2) 삼성서울병원, key199@hanmail.net, 제2저자
3) LG 전자기술원, chrisjang07@nete.com, 제3저자
4) 명지대학교, yaelinchoi@gmail.com, 교신저자

이 논문은 제1저자의 석사학위논문을 요약한 것입니다.

접수일자: 2014년 3월 15일
수정일자: 2014년 4월 20일
게재결정: 2014년 6월 3일

청각장애인의 말소리는 말명료도가 낮고, 조음이 부정확한 것이 가장 큰 특징이다. 특히 정상아동의 경우에도 가장 늦게 습득되는 치경마찰음 /s/와 /ʃ/는(김민정 외, 2000; 김영태, 1996; 전희정, 1998) 청각장애 아동의 경우에 완전히 생략하는 경향이 있다(김수진 외, 2007). 왜냐하면 치경마찰음은 혀를 치경에 완전히 접촉시키지 않고 일정한 간격을 지속적으로 유지하며 산출해야 하므로 다른 자음 산출과 달리 조음이 어렵고 그 만큼 조음오류가 일어날 가능성이 높은 말소리이기 때문이다(남정훈, 2008). 김희영(2012)은 3-4세의 건청아동과 인공와우이식 아동의 마찰음 산출에 대해 연구하였다. 그 결과 건청아동에 비해 인공와우이식 아동은 여러 모음 환경에서 마찰음 /s/와 /ʃ/를 /s/(\epsilon)와 /ʃ/(\epsilon*)로 대체하는 구개음화 현상을 많이 보여 조음오류 현상이 건청아동과 다른 양상으로 나타났다고 하였다.

이러한 말소리 특징을 보이는 이유는 인공와우이식 아동은 말소리 지각 시 자음과 모음의 주파수 특성에 따라 어음처리기를 통해 합성된 소리를 음소로 인지하여 들리는 대로 말소리를 산출하기 때문이라고 생각된다(김희영, 2012). 즉 음소의 주파수 특성에 의해 왜곡되어 들리기 때문에 조음오류가 산출될 가능성이 높다. 그러므로 청각장애 아동의 조음 오류는 말소리 지각 및 어음 변별력에 대해서도 중요한 정보를 제공할 수 있을 것이다. 그러나 국내에서는 인공와우이식 후 소리 듣는 것에 대해 많이 강조하고 있으며 이들의 조음 오류에 대해서는 많은 연구가 이루어지지 않고 있다(김희영, 2012). 그러므로 이들의 말소리 산출에 대한 연구가 더 많이 이루어져야 할 필요가 있다.

청각장애를 겪는 아동의 말장애(speech disorder)를 분석하는 방법으로는 청지각적 평가와 음향음성학적 평가가 있다. 청지각적 평가는 자격을 갖추고 경험이 있는 임상가가 직접 평가할 수 있으나 평가자에 따라 주관적이고 다른 결과를 보일 수 있고, 말소리의 미묘한 변화를 객관적으로 제시하지 못한다. 이에 비해 음향음성학적 평가는 검사 장비를 통하여 실시하는 간접적이지만 객관적인 정보를 제공해 주는 평가이다(Ferrand, 2006). 객관적인 자료는 검사 결과를 해석할 때 말소리 산출 특성에 대한 표준화된 기준 자료와 비교할 수 있는 장점이 있다.

최근 이러한 장점을 고려할 때 청각장애 아동의 특정 말소리 산출에 관한 음향음성학적 분석 방법이 보다 신뢰성 있는 자료를 제시해 줄 수 있다고 보고되어지고 있다(이규식 외, 1994). 마찰음에 대한 경제적이면서 유효하며 신뢰성 있는 측정방법을 정하는 것은 어렵지만(지민경, 2012) 최근 마찰음의 스펙트럼 측정에 대한 한 가지 방안으로 스펙트럼 역률(movement)를 이용한 방법이 제시되고 있다. 스펙트럼 역률이란 각 포먼트가 각각의 대역에 분포하도록 대역 분할한 대역 통과 여과기를 구성하여 나타낸 포먼트 주파수이며, M1(mean,

평균), M2(variance, 분산), M3(skewness, 왜도), M4(kurtosis, 첨도)로 나타낸다(Blumstein & Stevens, 1979). 이 변수들은 스펙트럼의 성격인 에너지 분포와 집중도의 평균, 스펙트럼 분포의 편향 특성 및 스펙트럼 정점의 특성을 잘 반영하며(Blumstein & Stevens, 1979) 음향음성에 대한 중요한 단서를 제공한다(Kent & Read, 2007).

첫 번째 스펙트럼 역률 값인 M1은 에너지 분포의 주파수 대역을 의미하며 단위는 Hertz이다. FFT 스펙트럼의 에너지 분포와 에너지 집중도의 평균을 뜻한다(지민경, 2012 재인용). 둘째 스펙트럼 역률 값인 M2는 스펙트럼에 나타난 주파수 분산, 즉 평균 주위에 퍼져 있는 정도를 의미하며 단위는 Hertz이다(지민경, 2012 재인용). 세 번째 스펙트럼 역률 값인 M3는 스펙트럼 분포의 편향을 의미한다. '0'에 가까운 M3값은 평균 주위에 분포한 대칭 지표이다. 양성 왜도는 저주파수대 에너지의 집중과 좌편향 특성을 나타내고, 음성 왜도는 고주파수대 에너지의 집중과 우편향 특성을 나타낸다(지민경, 2012 재인용). 네 번째 스펙트럼 역률 값인 M4는 스펙트럼 정점 분포 지수를 의미한다. 양수 첨도 값은 높은 스펙트럼 정점과 관련이 있고, 음수 첨도 값은 평이하게 분포된 스펙트럼 정점과 관련이 있다. 즉 양수 첨도는 뚜렷하고 명확한 정점 스펙트럼을 나타낸다. 그러나 음수 첨도는 뚜렷하거나 명확하지 않은 평이한 스펙트럼 정점을 나타낸다(지민경, 2012 재인용).

이러한 스펙트럼 역률 수치를 통해 마찰음의 특성에 대한 선행연구는 다음과 같다. Forrest(1988)는 마찰음의 FFT를 통해 M1, M2, M3, M4 스펙트럼 역률로 무성 마찰음을 분석한 결과, 왜도(Skewness)는 /s/와 /ʃ/를 구분하는데 효과적이었지만 비치찰음인 /f/와 /θ/를 구분하는 것은 어렵다고 하였다. 또한 Tomiak(1991)는 4가지 무성 마찰음과 /h/의 역률을 연구한 결과, /θ/는 /f/보다 높은 M3 및 M4를 나타냈고, /s/는 /ʃ/에 비하여 높은 M1 및 M4 값을 가진다고 하였다. 즉 스펙트럼 역률이 마찰음 분석에 효과가 있음을 입증하였다. Jongman et al(2000)과 Behrens et al(1998)의 연구에서도 /s/와 /ʃ/음을 진폭과 구간 자질로 구분하는 것은 어려우나, 스펙트럼 특징에 의해 구분하는 것은 가능하다고 하였다. 그리고 3~6세 아동을 대상으로 마찰음 산출에 대한 스펙트럼 특성을 분석한 결과, 스펙트럼 역률이 성인에 비해 극적인 변화를 보여주지는 못했으나, 5세 그룹에서 /f/, /θ/, /s/, /ʃ/를 구별하는데 스펙트럼 역률이 민감한 차이를 제공한다고 하였다(Nissen & Fox, 2005).

국내에서도 한국 마찰음의 스펙트럼 특성에 대한 연구가 진행되었는데, 마찰음의 매개변수인 무게중심(center of gravity)과 왜도(skewness)에 대해 연구한 결과, 마찰음의 스펙트럼 모형은 조음구조에서 전강(front of cavity)의 특징과 관련 있다고 하였다. 다시 말하면, 음운 환경에 따라 마찰음과 과찰음이 이완 및 긴장음간 중심점에서 유의미한 차이가 있다는

것이다(황현경, 2004).

이와 같이 스펙트럼 역률 분석은 마찰음 분석에 효과적인 역할을 한다고 할 수 있으나 국내 선행 연구들에서는 청각장애 아동의 스펙트럼 역률(moment) 수치를 이용한 음향학적 연구가 미비한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 청각장애 아동의 마찰음 산출시 M1, M2, M3, M4 스펙트럼 역률 수치가 어떤 음향음성학적 근거를 제시할 수 있는지 알아보는데 있다. 또한 본 연구를 통하여 청각장애 아동의 말을 진단하고 치료하는 데에 도움이 되는 객관적인 정보를 제공하고자 한다.

청각장애 아동군과 일반 아동군 간의 치경마찰음을 비교하기 위한 본 연구의 연구문제는 다음과 같다.

첫째, 청각장애 아동군과 일반 아동군 간 치경마찰음에서 모음종류에 따른 M1, M2, M3, M4 값에 통계적으로 유의한 차이가 있는가?

둘째, 청각장애 아동군과 일반 아동군 간 치경마찰음의 종류에 따른 M1, M2, M3, M4 값에 통계적으로 유의한 차이가 있는가?

셋째, 청각장애 아동군과 일반 아동군 간 치경마찰음에서 음절구조에 따른 M1, M2, M3, M4 값에 통계적으로 유의한 차이가 있는가?

2. 연구 방법

2.1. 연구대상

본 연구는 서울 및 경기지역의 ○○초등학교 3학년~5학년에 재학 중인 청각장애 아동과 일반 아동 각각 10명씩(남녀 각각 5명씩) 총 20명을 대상으로 하였다<표 1>. 청각장애 아동의 선정기준은 첫째, 교사나 부모의 보고에 의해 정서 및 행동문제나 청각 이외의 감각장애를 수반하지 않고, 둘째, 보장기구 착용 이전 청력손실이 70-110dB 사이이며, 셋째 보장기구(CI)를 경우 2세 이전에 이식하고, 넷째, 언어재활 기간이 3년 이상인 아동으로 하였다. 일반아동의 선정기준은 첫째, 서울 표준어를 사용하고, 둘째, 부모나 교사의 보고에 의해 정상발달을 보이고, 셋째, 지적장애, 발달장애, 감각장애, 정서장애 등의 다른 장애가 없으며, 넷째, 우리말 조음음운평가에서 100%의 자음정확도를 보이는 아동으로 하였다. 본 연구에 포함된 대상자의 수가 적으므로 연구 결과 해석에 주의가 필요하다.

2.2. 연구방법

2.2.1. 어음자료

치경마찰음 /s/와 /ss/ 그리고 모음 /a/, /i/, /ɯ/를 포함하여 CV와 VCV음절 구조에 따른 무의미 음절 12개 목록을 ‘내가 ___ 라고 한다.’의 틀 문장(carrier sentence)에 넣어 자연스

럽게 읽도록 지시 하였다. 준비된 틀 문장은 마찰음의 선행연구(이경희 외, 1999)를 참고 하였다. 마찰음을 포함한 무의미어가 문장의 앞에 나올 경우 지속시간이 길어지는 경우가 생길 수 있으므로 검사어가 문장의 중간에 놓인 평서문으로 선택하였다(지민경, 2012). 그리고 틀 문장의 검사어 뒤에 /ㄹ/은 모음 사이에 쓰일 경우 검사어와 비검사어의 구분을 정확하게 할 수 있도록 하였다(이경희 외, 1999). 모음은 모음 사각도에서 조음-음향 관계를 잘 나타내주는 모음 /a/, /i/, /ɯ/ 세 가지를 선택하였다(남정훈, 2008).

표 1. 청각장애아동군 정보

Table 1. Information of hearing-impaired children

순번	성별	나이	학년	보장기구	청력(dB) 이식 전 (좌/우)	청력(dB) 이식 후 (좌/우)	언어재활 (년)
1	남	11;2	5	CI	90 / 90	50(R)	5
2	남	11;8	4	CI	85 / 90	40(R)	5
3	남	11;5	5	CI	80 / 95	35(R)	4
4	남	11;2	5	CI	80 / 85	40(R)	5
5	남	11;1	4	CI	90 / 90	50(R)	6
6	여	11;8	3	CI	90/ 100	50(R)	6
7	여	11;9	4	CI	100/ 85	40(R)	5
8	여	11;6	4	CI	90 / 90	40(R)	7
9	여	11;1	5	CI	105/100	45(R)	7
10	여	9;7	3	CI	100/ 95	35(R)	3

표 2. 어음 자료

Table 2. speech samples

/s/	사	시	수
	아사	이시	우수
/ss/	싸	씨	쭈
	아싸	이씨	우쭈
틀문장	내가 ___ 라고 한다.		

2.2.2. 녹음 방법

각 대상자의 어음 자료(speech samples)는 소음이 없는 조용한 언어치료실에서 녹음하였다. ONKYO사의 SE-U55SX II USB 24bit/96kHz sound card와 마이크는 SONY사의 FV-100 condenser를 사용하여 Praat(version 5.3)에 녹음하였다. 피검자의 입술과 마이크 사이의 거리는 10-15cm로 유지하도록 하고, Mono Channel과 표본추출율(sampling rate)은 44,100Hz으로 설정하였다. 대상자는 검사문장을 충분히 연습한 후 녹음하였다.

검사자는 녹음 시 준비한 검사문장을 1장씩 제시하여 읽도록 하였다.

2.2.3. 자료 분석

녹음된 검사어는 TF32 음성분석 프로그램(Time-frequency analysis software program)을 사용하여 분석하였다. 마찰음의 지속시간을 측정하기 위해 선행 모음의 마지막 성대진동에서 후행 모음의 시작하는 지점을 측정하고 마찰 구간과 기식구간 모두를 마찰구간으로 하였다. 만약 CV음절구조에서 선행 모음 뒤에 바로 마찰음을 발음하지 않아 중간 쉬이 나타난 경우 마찰음의 시작부터 후행모음의 시작하는 지점까지를 지정하여 분석하였다. 구간을 지정한 다음 movement 분석 후 <그림 1>에서와 같이 mean(M1), stdv(M2), skew(M3), kurt(M4)수치를 산출하도록 하였다. <그림 1>은 ‘내가 ___ 라고 한다’의 음성파일 중 /s/를 분석한 것이다.

2.3. 통계 분석

통계분석은 Statistical Product and Service Solution(SPSS, version, 19.0) 통계 프로그램을 이용하였다. 음절구조에 따른 각 집단 내 평음과 경음의 마찰음에서 모음에 따른 마찰소음 구간의 M1, M2, M3, M4의 집단 간 차이를 알아보기 위해 반복측정 분산분석(repeated measures ANOVA)을 실시하였다. 유의 수준은 0.05 미만에서 검정하였다.

3. 연구 결과

3.1. 장애유무와 모음종류에 따른 비교

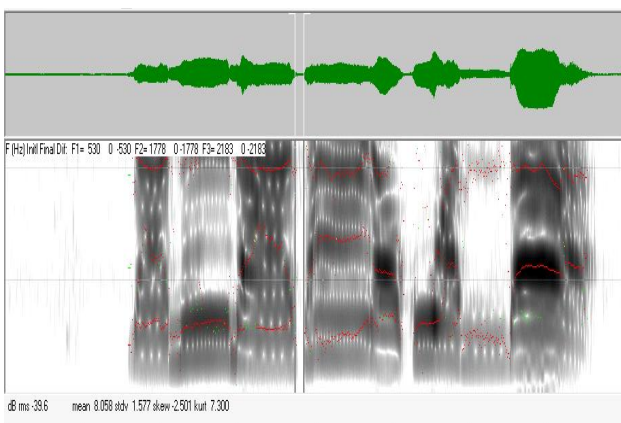


그림 1. TF 32를 이용한 마찰구간 분석

Figure 1. Analysis using the friction period TF 32

장애유무에 따른 M1, M2, M4<그림 2>에서 청각장애군이 정상군에 비해 통계적으로 유의하게 낮았다($p < .01$). 그러나 모음종류에 따른 M1, M2, M3, M4에서는 통계적으로 유의한

차이가 없었다<표 3>.

표 3. 장애유무와 모음종류에 따른 비교
Table 3. Comparison according to disorder and vowel

M	모음 종류	정상군 (n=10)	청각장애군 (n=10)	p-값	
				집단 간	모음 종류
M1 (kHz)	/t/	7.3±2.5	3.4±1.7	<.001	.824
	/l/	7.1±1.9	3.7±1.9		
	/t/	7.6±2.4	3.5±2.1		
M2 (kHz)	/t/	4.0±1.5	2.0±1.3	<.001	.893
	/l/	3.8±1.2	2.1±1.5		
	/t/	4.1±1.4	2.1±1.4		
M3	/t/	0.8±0.9	0.7±0.7	.613	.190
	/l/	0.6±0.6	0.5±0.9		
	/t/	0.7±0.7	0.7±0.7		
M4	/t/	1.3±2.0	0.5±1.8	.005	.974
	/l/	1.2±2.0	0.7±1.9		
	/t/	1.3±1.9	0.5±1.9		

mean±SD

3.2. 장애유무와 마찰음 종류에 따른 비교

장애유무에 따른 M1, M2, M4<그림 3>에서 청각장애군이 정상군에 비해 통계적으로 유의하게 낮았다($p < .01$). 마찰음 종류에 따른 M1, M2, M3, M4에서는 통계적으로 유의한 차이가 없었다<표 4>.

표 4 장애유무와 마찰음 종류에 따른 비교
Table 4. Comparison according to disorder and fricative type

M	치경 마찰음	정상군 (n=10)	청각장애 (n=10)	p-값	
				집단간	치경마찰음
M1 (kHz)	/s/	7.2±2.1	3.5±2.0	<.001	.665
	/ss/	7.5±2.4	3.6±1.8		
M2 (kHz)	/s/	4.1±1.4	2.3±1.5	<.001	.084
	/ss/	3.9±1.3	1.9±1.2		
M3	/s/	0.7±0.8	0.8±0.7	.611	.154
	/ss/	0.7±0.7	0.5±0.8		
M4	/s/	1.3±2.2	0.5±1.9	.005	.937
	/ss/	1.3±1.8	0.6±1.8		

mean±SD

3.3. 장애유무와 음절구조에 따른 비교

장애유무에 따른 M1, M2, M4<그림 4>에서 청각장애군이 정상군에 비해 통계적으로 유의하게 낮았다($p < .01$). 음절구조에 따른 M1, M4에서는 CV구조가 VCV구조보다 통계적으로

유의하게 높았고($p < .01$), M2($p < .01$), M3($p < .05$)에서는 CV구조가 VCV구조보다 통계적으로 유의하게 낮았다<표 5>.

표 5. 장애유무와 음절구조에 따른 비교
Table 5. Comparison according to disorder and syllable

M	음절 구조	정상군 (n=10)	청각장애군 (n=10)	p-값	
				집단 간	음절 구조
M1 (kHz)	CV	8.2±1.8	3.9±1.9	<.001	<.001
	VCV	6.5±2.4	3.2±1.9		
M2 (kHz)	CV	3.4±1.2	2.0±1.3	<.001	<.001
	VCV	4.6±1.3	2.2±1.5		
M3	CV	0.6±0.7	0.5±0.8	.610	.049
	VCV	0.7±0.8	0.8±0.7		
M4	CV	1.8±2.0	0.7±1.9	.004	.007
	VCV	0.7±1.8	0.4±1.8		
mean±SD					

4. 논의 및 결론

본 연구는 청각장애 아동군과 일반 아동군을 대상으로 장애유무와 모음 /ㅏ/, /ㅣ/, /ㅓ/에 따른 비교, 장애유무와 치경마찰음 /ㅅ/와 /ㅆ/에 따른 비교, 장애유무와 음절(CV, VCV)구조에 따른 비교를 음향음성학적 특성 중 M1, M2, M3, M4 스펙트럼 역률 수치를 통해 비교함으로써 청각장애 아동의 진단 및 치료에 도움이 될 수 있는 기초자료를 제공하고자 하였다.

첫째, M1과 M2의 청각장애군과 정상군의 집단 간 차이를 살펴보면 모음종류, 마찰음 종류, 음절구조에 따라 청각장애군이 정상군에 비해 통계적으로 유의하게 낮았다($p < .01$).

치경마찰음은 산출 시 입 앞쪽의 크기가 작아 마찰소음이 높은 에너지를 가지게 되어 높은 주파수 대역을 산출하게 된다(지민경, 2012). 그 주파수 대역은 대체로 3,400Hz에서 시작하여 15,000Hz의 고주파수 대역에 분포하고 범위는 11,000Hz 내외의 수치가 나타난다(표화영, 1999). 그런데 치경마찰음은 모두 /ㅣ/ 앞에서 구개음화 되어 스펙트로그램상 2000~3000Hz의 낮은 주파수 대역에 에너지가 분포하며, /ㅓ/ 모음 앞에서는 원순음화 되어 3500~4000Hz대의 주파수가 형성되며 중심 에너지가 3000Hz 이하에 형성된다. 즉 마찰음이 구개음화 될 경우 원래보다 낮은 주파수 대역에 에너지가 분포하게 되는 것이다(이호영 외, 1996). 청각장애 아동은 대부분의 모음 앞에서 치경마찰음 산출 시 혀의 위치를 적절히 유지하지 못하여 구개음화 시키는 경향이 나타난다(김희영, 2012). 즉 마찰음을 정상적으로 산출할 수 있었던 정상군에 비해 마찰음에서

조음요소가 있는 청각장애군이 낮은 주파수대를 산출하게 되면서 스펙트럼의 에너지 분포와 집중도의 평균인 M1과 평균 주위에 퍼져있는 정도를 나타내는 M2가 청각장애군에서 통계적으로 유의하게 낮았으리라 판단된다. 그런데 청각장애군이 정상군에 비해 치경마찰음을 구개음화 시키는 것처럼, 치경마찰음은 다른 모음에 비해 /ㅣ/ 모음 앞에서 구개음화 현상이 두드러지지만 본 연구에서는 모음의 종류에 따라 M1이 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 이는 비록 치경마찰음이 /ㅣ/ 모음 앞에서 구개음화 되더라도 청치각적으로는 /ㅏ/, /ㅣ/, /ㅓ/에 따른 치경마찰음의 조음방법의 차이를 잘 지각할 수 없는 것처럼 그 조음 차이가 미미한 수준이지만, 청각장애군과 정상아동군의 치경마찰음의 조음은 청치각만으로도 그 차이를 변별할 수 있을 정도로 청각장애군의 조음요소가 두드러지기 때문에 집단 간에는 M1의 차이가 있었을 것으로 추정된다. 이는 마찰음 /ㅅ/와 /ㅆ/는 모음의 종류에 따른 M1과의 상관관계는 유의하지 않았다는 연구결과와 일맥상통 하였으나(Nittrouer, 1994), 모음 /ㅏ/와 /ㅣ/에 따라 M1이 통계적으로 유의한 차이가 있었다는 지민경(2012)의 연구결과와는 일치하지 않았다. M2는 모음종류 /ㅏ/, /ㅣ/, /ㅓ/ 및 치경마찰음 /ㅅ/, /ㅆ/에 따라 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 이는 모음의 종류에 따른 M2의 차이는 통계적으로 유의하지 않았다는 선행 연구결과와도 일치하였다(지민경, 2012).

음절구조 CV는 VCV에 비해 M1이 통계적으로 유의하게 낮았다. 이는 1음절인 CV에 비해 2음절인 VCV의 경우 앞에 /ㅏ/모음을 첨가하게 되면서, 중설모음인 /ㅏ/에서 치경음인 /ㅅ/를 조음하기 위해 혀의 위치가 뒤에서 앞으로 이동해야 하기 때문에, 1음절인 치경음만 조음하는 경우보다 상대적으로 혀의 위치가 앞으로 덜 이동했을 가능성이 크다. 즉 VCV가 CV에 비해 혀의 위치가 상대적으로 뒤에 있게 되어 낮은 주파수대를 산출하였을 것으로 판단된다.

둘째, M3의 청각장애군과 정상군의 집단 간 차이를 살펴보면 모음종류, 마찰음 종류, 음절구조에 따라 청각장애군과 정상군간의 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 또한 모음종류 /ㅏ/, /ㅣ/, /ㅓ/ 및 치경마찰음 /ㅅ/, /ㅆ/에 따라 M3에 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 그러나 음절구조 CV는 VCV에 비해 M3가 통계적으로 유의하게 낮았다($p < .01$). 이는 CV에 비해 VCV의 경우 /ㅏ/모음 첨가로 혀가 상대적으로 후방화 되면서 M3가 더 양성화 되어 VCV의 M3의 수치가 더 높아진 것으로 판단된다. 이는 마찰음의 M1 낮아질수록 M3가 높아진다고 한 연구결과와 일치하였다(Nittrouer, 1994; 지민경, 2012).

셋째, M4의 청각장애군과 정상군의 집단 간 차이를 살펴보면 모음종류, 마찰음 종류, 음절구조에 따라 청각장애군이 정상군 보다 통계적으로 유의하게 낮았다($p < .01$). 스펙트럼 정점의 분포 지수인 M4는 양수의 값을 가질수록 높은 스펙트럼

정점과 관련 있다(지민경, 2012). 본 연구의 청각장애 아동은 정상 아동보다 낮은 M4 수치를 가지는데 이는 청각장애 아동이 정상아동보다 주파수 분포가 좁고 명확하지 않아 분명하게 정점이 나타나지 않는 평평한 스펙트럼을 보인다고 판단할 수 있다.

청각장애 아동은 모음 산출시 중립모음화로 인해 모음 간 구분이 어렵고, 모음의 길이가 연장되는 경향이 있다. 이로 인해 틀 문장 안에서 다른 자음과 달리 조음오류가 일어날 가능성이 높은 말소리(남정훈, 2008)인 치경마찰음과 함께 준비된 음절구조 환경은 청각장애 아동군에게 영향을 주어 주파수 성분에 따른 M1, M2, M4 스펙트럼 역률에서 일반 아동군과 유의한 차이를 나타낸 것으로 사료된다.

본 연구의 결과 마찰음에서 청각장애 아동군과 정상 아동군간의 M1, M2, M4에서 차이가 있음을 알 수 있었다. 이는 마찰음에서의 음향음성학적 특징인 M1, M2, M4가 각 장애를 구별할 수 있는 임상적 및 언어학적 의미가 있음을 시사한다. 또한 본 연구의 결과는 보다 다양한 환경에서 산출 특성을 비교하고 환경에 따른 변이를 분석하였으므로 후속 연구를 위한 기초 단서로 제공될 수 있다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다.

첫째, 서울 및 경기 수도권 청각장애 아동 10명만을 대상으로 하여 연구대상의 거주지가 특정적이고, 대상자 수가 적었다. 또한 치경마찰음/ㅅ/와 /ㅆ/가 말소리 발달과정에서 가장 늦게 습득되는 말소리에 해당되므로 청각장애 아동들이 충분히 습득되었을 만한 시기를 고려하여 선정하다보니 연령 및 학년, 언어재활 기간, 보장기구 종류, 인공와우수술 시기를 통제 하지 못하였다. 둘째, 어음자료 수집에서 고정된 틀 문장을 사용하여 일상에서 나타나는 자연스러운 자발화 상태의 마찰음 산출과는 차이가 있을 것으로 생각된다. 셋째, 음향음성 분석 시 마찰구간 및 길이에서 개인 또는 집단 간 시간이 고려되지 않아 분석에 영향이 있었을 것이다. 마지막으로 M1, M2, M3, M4 스펙트럼 역률의 음향음성분석이 객관적 근거를 제시해 주지만 제한된 수치는 분석 시 어려움이 있었다.

참고문헌

- Behrens, S. J. & Blumstein, S. E. (1988). Acoustic Characteristics of English Voiceless Fricatives-A Descriptive Analysis. *Journal of Phonetics*, 16(3), 295-298.
- Blumstein, S. E., & Stevens, K. N. (1979). Acoustic invariance in speech production: Evidence from measurements of the spectral characteristics of stop consonants, *J Acoust Soc*. 66, 1001-17.
- Cheon, H. J. (1998). (The) Development of Korean /s/(ㅅ/) and /s'/(ㅆ/) in normal Children of ages 2-7 Years. Ewha womans University, Master's Thesis.
- (전희정(1998). 2-7세 정상아동의 /ㅅ/와 /ㅆ/ 말소리 발달연구. 이화여자대학교 대학원 석사학위논문.)
- Ferrand, C. T. (2006). *Speech Science: An Integrated Approach to Theory and Clinical Practice* (2nd ed.). MA: Allyn and Bacon.
- Forrest, K., Weismer, G., Milenkovic, P., & Dougall, R. N. (1988). Statistical analysis of word-initial voiceless obstruents: Preliminary data. *Acoustical Society of America*, 84(1), 43-70.
- Hegde, M. N. (1995). *Introduction to communicative disorders* (2nd ed). Texas:Pro-ed.
- Hwang, H. K. (2004). Spectral Characteristics of Frication Noise in Korean Sibilants. *Journal of the Korean society of speech sciences*, 49, 31-50.
- (황현경(2004).Spectral Characteristics of Frication Noise in Korean Sibilants. 『말소리와 음성과학』 49, 31-50.)
- Ji, M. K. (2012). Acoustic Phonetic Characteristics of Korean Fricatives in Patients with Spastic dysarthria. Myongji University, Master's Thesis.
- (지민경(2012). 경직형 마비말장애 환자의 마찰음 산출의 음향음성학적 특성. 명지대학교 대학원 석사학위논문.)
- Jongman, A., Wayland, R. & Wong, S. (2000). Acoustic characteristics of English fricatives. *Journal of the Acoustical Society of America*. 108, 1252-1263.
- Kent, R. D., & Read, C. (2007). Acoustic Analysis of Speech. 『THOMSON』 2, 187-197.
- Kim, H. Y. (2012). Phoneme Production in Vowel Context in Children with Cochlear Implant. Dankook University, Doctorate's Thesis.
- (김희영(2012). 모음 환경에 따른 인공와우이식 아동의 자음 산출능력. 단국대학교 대학원 박사학위논문.)
- Kim, M. J. & Pae, S. Y. (2000). Phonological Error Patterns of Korean Children With Specific Phonological Disorders. *Korean Journal of Speech Sciences*, 7(2), 7-17.
- (김민정, 배소영(2000). 정상아동과 기능적 음운장애 아동의 오류 비교 : 자음정확도와 발달유형을 중심으로. 『음성과학』, 7(2), 7-17.)
- Kim, S. J. & Shin, J. Y. (2007). Articulation and phonological disorders. Seoul, Sigmappress.
- (김수진 · 신지영(2007). 조음음운장애. 서울, 『시그마프레스』.)
- Kim, Y. T. (1996). Correct Consonants study of Preschool children for Picture Consonant Articulation Test using, *Communication Sciences and Disorders*, 1(1), 7-33.
- (김영태(1996). 그림자음검사를 이용한 취학전 아동의 자음 정확도 연구. 『언어청각장애연구』, 1(1), 7-33.)
- Lee, H. Y. (1996). *Korean Phonetics*. Seoul, Thaeaksa.
- (이호영(1996). 국어음성학. 서울, 『태학사』)

- Lee, K. H. & Lee, B. W. (1999). Acoustic Characteristics for Korean Lax vs. Tense Fricative. *Korean Linguistics*, 10, 47-66. (이경희, 이봉원(1999). 한국어 평마찰음과 경마찰음의 음향적 특성. 『한국어학』, 10, 47-66.)
- Lee, K. S. & Kim, H. K. (1993). A Study Auditory Discrimination of Korean fricative for The Hearing Impaired children. *Journal of special education*, 14(1), 31-44. (이규식 · 김홍규(1993). 청각장애아동의 마찰음 변별력에 관한 연구(I). 『특수교육학회지』, 14(1), 31-44.)
- Lee, K. S., Ji, M. J. & Kim, H. K. (1994). Study Auditory Discrimination of Acoustic for The Hearing Impaired children. *Journal of special education*, 15(1), 31-53. (이규식 · 지민제 · 김홍규(1994). 청각장애아동의 음향변별력에 관한 연구. 『특수교육학회지』, 15(1), 31-53.)
- Lee, S. H., Pae, S. Y., Sim, H. S., Kim, Y. T., Kim, H. H., Shin, M. J., Han, J. S., Kim, J. S. & Lee, J. H. (2001). Communication disorders introduction. Seoul, Hana Med-Media. (이승환 · 배소영 · 심현섭 · 김영태 · 김향희 · 신문자 · 한재순 · 김진숙 · 이정학(2001). 의사소통장애개론. 서울: 『하나의학사』)
- Nam, J. H. (2008). A Comparison of Acoustic Properties of Fricatives Produced by Children with Functional Articulation Disorder and Normal Children. Nazarene University, Master's Thesis. (남정훈(2008). 기능적 조음장애아동과 일반아동이 산출한 치경마찰음의 음향음성학적 특성 비교. 나사렛대학교 대학원 석사학위논문.)
- Nissen, S. L. & Fox, R. A. (2005). Acoustic and spectral characteristics of young children's fricative productions: A developmental perspective. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 118(4), 2570-2578.
- Nittrouer, S. (1994). Children learn separate aspects of speech production at different rates : Evidence from spectral moments. *Acoustical Society of America*, 97(1), 43-70.
- Pyo, H. Y., Lee, J. H., Choi, S. H., Sim, H. S. & Choi, H. S. (1999). An Acoustic and Aerodynamic Study of Korean Fricatives and Affricates. *Journal of the Korean society of speech sciences*, 6, 145-161. (표화영 · 이주환 · 최성희 · 심현섭 · 최홍식(1999). 한국어 마찰음과 파찰음의 음향학적 및 공기역학적 특성에 관한 연구. 『말소리와 음성과학』, 6, 145-161.)
- Seifert, E., Oswald, M., Bruns, U., Vischer, M., Kompis, M., & Maeusler, R. (2002). Changes of voice and articulation in children with cochlear implants. *J Pediatric Otorhinolaryngology*, 66, 115-23.
- Tomaik, G. R. (1991). An acoustic and perceptual analysis of the spectral moments invariant with voiceless fricative obstruents. *Doctoral disseration Suney Buffalo*.51(8-B), 4082-4083.
- Yu. H. Y. (2004). Traditional articulation therapy effect on korean fricatives and affricates in adults with hearing impairment. Nazarene University, Master's Thesis. (유혜연(2004). 전통적접근방법에 기초한 최종도 청각장애 성인의 마찰음과 파찰음의 조음치료 효과. 나사렛대학교 대학원 석사학위논문.)
- Yoon, M. S. (1994). Speech-language pathologist for audiology. Seoul, koonja publisher. (윤미선(1994). 언어치료전문인을 위한 청각학. 서울: 『군자출판사』)
- Yoon, M. S. (2003). The Predicting Variables of Production Abilities and Speech Characteristics in Prelingually Deafense Children with Cochlear Implantation. Ewha womans University, Doctorate's Thesis. (윤미선(2003). 선천성 심도청각장애 아동의 와우이식 후 말산출 능력의 예측변인 및 말산출 특성. 이화여자대학교 대학원 박사학위논문.)
- **김윤하 (Kim, YunHa), 제1저자**
명지대학교 사회교육대학원 언어치료학과
서울특별시 서대문구 남가좌동 50-3
Tel: 010-3105-2101
Email: pooh820723@hanmail.net
관심분야: 음성장애, 음성학
현재 시흥장애인종합복지관 언어치료사
 - **김은연 (Kim, Eumyeon), 제2저자**
삼성서울병원 이비인후과 청각언어치료실
서울시 강남구 일원동
Tel: 02-3410-2350
Email: key199@hanmail.net
관심분야: 청각재활, 말과학
현재 명지대학교 언어치료학과 교수 & 삼성서울병원 이비인후과
 - **장승진 (Jang, Seung-Jin), 제3저자**
LG 전자기술원 미래IT융합연구소
서울시 서초구 우면동 LG전자 우면R&D캠퍼스
Tel: 02-526-4517
Email: chrisjang07@nete.com
관심분야: 말과학, 음성과학
현재 한국감성과학회 감성생리/심리분야 편집위원
 - **최예린 (Choi, Yaelin), 교신저자**
명지대학교 언어치료학과 & 심리재활학과
서울특별시 서대문구 남가좌동 50-3
Tel: 02-300-0882
Email: yaelinchoi@gmail.com
관심분야: 말장애(음성장애, 마비말장애), 말과학
현재 명지대학교 언어치료학과 & 심리재활학과 교수