한국어 마찰음과 파찰음의 음향학적 및 공기역학적 특성에 관한 연구

An Acoustic and Aerodynamic Study of Korean Fricatives and Affricates

표화영* · 이주환 · 최성희 · 심현섭** · 최홍식
(H.-Y. Pyo, J.-H. Lee, S.-H. Choi, H.-S. Sim H.-S. Choi)

ABSTRACT

21 normal Korean native speakers participated as subjects to investigate the acoustic and aerodynamic study of Korean fricatives and affricates and to make good use of the results for the patients with articulation problems. Their productions of [sa], [s'a], [ca], [c^ha], [c'a], [asa], [as'a], [aca], [ac^ha], and [ac'a] were analyzed with CSL and AP II instruments. The results are as followings : (1) Fricatives showed higher frequency in minimum and maximum frequency and longer duration than affricates. (2) Fricatives showed higher peak flow rate and longer rise time than affricates. (3) When we compared the different phonemes with each other, their differences were usually statistically significant, but when we compared CV and VCV syllables, they did not show significant difference, even VCV's showed higher and longer values than CV syllables. (4) Normaly, lax fricatives and affricates showed lower frequency and higher peak flow rate, shorter frication duration, and longer rise time.

Keywords: Fricatives, affricates, acoustics, aerodynamics.

서 론

마찰음은 두 조음기관의 근접에 의해 산출되는 자음으로, 한국어에는 치경에서 산출되는 /ㅅ/, /ㅆ/과, 성문에서 산출되는 /ㅎ/의 세 가지 음소가 있다. 파찰음은 파열음과 마찰음의 성질을 모두 가지고 있는 자음으로, 초기는 파열음처럼 구음점과 조음 위치간의 접합에 의한 폐쇄로 시작되나, 마무리는 마찰음처럼 구음체가 조음 위치에서 약간 떨어진 상태에서 마찰 잡음을 산출함으로써 이루어지게 된다(Ladefoged, 1982; Kent & Read,

* 연세대학교 의과대학 이비인후과학교실 음성언어의학연구소
** 이화여자대학교 특수교육학과 & 언어병리학 협동과정

1992; Kent, 1997; Borden & Harris, 1997). 한국어에서는 치경경구개에서 산출되는 세 파찰음 /ㅈ/, /ㅊ/, /ㅉ/이 있다.

마찰음과 파찰음은 spectrogram 상에서, 잡음(noise)으로 나타나는 마찰 부분(frication portion)이 공통적으로 나타나는 특징을 보이고 있다. 이러한 마찰 잡음은 다른 자음과 마찰-파찰음을 구분하는 중요한 단서로 그 음향학적 및 인지적(perceptual) 중요성을 갖는다고 볼 수 있다. 그러나, 마찰음과 파찰음은 한국어 안에서 독립적인 음소로 존재하므로, 이들 각각이 보이는 마찰 잡음의 특성은 서로의 개별성을 보여줄 요소들도 또한 내포하고 있을 것이다. 이 연구의 첫 번째 목표는, 이러한 측면에 초점을 맞추어, 마찰음과 파찰음 각각이 보이는 마찰 잡음의 특성을, 음향학적 측면에서는 마찰 잡음의 최저·최고 주파수(minimum · maximum frequency)와 그 범위(frequency range) 및 마찰 잡음의 지속시간(frication duration)을, 공기역학적 측면에서는 마찰 잡음의 최대 공기배출량을 말해주는 최대 호기류율(peak flow rate)과 최대 호기류율에 도달하기까지의 시간을 말해주는 상승시간(rise time)의 분석에 의하여 알아봄으로써, 어떤 차이가 두 자음군을 구분 짓는 요소가 되는지 알아보고자 한다.

대체로, 어느 언어를 막론하고, 마찰음이나 파찰음은 조음 발달의 측면에서 볼 때 가장 늦게 발달하는 자음군이다(배소영, 1994; 엄정희, 1994). 한국어의 조음 발달 측면에서도 진자음(true consonants)의 발달은 파열음<파찰음<마찰음의 순서로 이루어진다. 습득이 늦을 수록 정확한 조음이 어렵다는 뜻이며, 이는 정확한 조음이 어려운 자음일수록, 이의 조음에 대해 문제를 보이는 조음 장애 아동이나 성인 환자의 비율이 그렇지 않은 자음의 경우보다 더 많을 것임을 시사한다. 습득이 어렵다는 것은 이러한 환자들에게서 목표음에 대한 정확한 조음을 쉽게 끌어내기가 어렵다는 뜻이므로, 이들에 대한 치료시에는 보다 더 과학적인 지식들, 즉, 음향학적, 음성학적인 지식이 많이 활용되어야 할 것이다. 이는 단순 조음장애의 경우 뿐 아니라, 구개파열이나 마비성 구음장애 환자들과 같이 기질적 장애를 동반하는 조음장애의 경우도 마찬가지임은 물론이다. 따라서 이 연구의 두 번째 목표는 마찰음과 파찰음의 음향학적 및 공기역학적 특성을 파악함으로써, 이러한 특성들이 조음 장애의 효율적인 치료에 어떤 음향학적 근거를 제시할 수 있는지 알아보고자 한다.

연 구 방 법

1. 피험자

청력 및 조음상의 문제가 없으며 한국어 표준어를 사용하는 정상 성인 남, 여 21명을 대상으로 실험을 실시하였다. 본래 어음 재료의 채취는 25명을 대상으로 실시되었으나 /ㅅ/이나 /ㅆ/을 미약하게 치간음화(interdentalization)시켜서 조음한 4명의 대상자는 제외하였다. 이에 의해 최종적으로 선택된 실험 대상자는 21명이었고, 이 중 2명이 여성, 19명이 남성이었으며, 평균 연령은 29.9세였고, 연령 범위는 25~34세였다.

2. 실험 기구

음향학적 측면의 분석을 위한 어음 재료의 채취는 CSL(Computerized Speech Lab.,

Kay Elemetrics Co.) Model No. 4300B 중 CSL 실행 프로그램을 이용하여 이루어졌는데, 이때 사용된 마이크로폰은 AKG C410 헤드 마이크로폰이었다. 공기역학적 측면의 분석을 위해서는 Aerophone II Model 6800 중 Maximum Sustained Phonation이 이용되었다.

3. 어음 재료

실험을 위한 어음 재료중 자음은 한국어의 마찰음 중 /ㅎ/을 제외한 /ㅅ/, /ㅆ/과 파찰음 /ㅈ/, /ㅊ/, /ㅉ/을 사용하였다. 마찰음이나 파찰음의 마찰 잡음이, 성대에서 산출되는 미세한 마찰 잡음과 구강 내에서 산출되는 마찰 잡음의 영향을 모두 받는다고 볼 때 /ㅎ/은 다른 마찰음과는 달리 구강 내에서 산출되는 마찰 잡음이 없으므로 제외하였다. 사용된 모음은 /ㅏ/ 하나로 통일하였고, 음절 형태는 CV(자음-모음)와 VCV(모음-자음-모음)의 두 가지를 사용하여 어두(word initial) 위치와 어중-음절초(word medial syllable initial, 이하 어중) 위치에서의 차이를 보고자 하였다. 따라서 무의미 1음절어 5개 '사, 싸, 자, 차, 짜'와 무의미 2음절어 5개 '아사, 아싸, 아자, 아차, 아짜', 총 10개 음절어를 어음 재료로 사용하였다.

4. 실험 방법

음향학적 측면의 분석을 위한 어음재료의 채취는 헤드 마이크로폰과의 거리를 10 cm으로 일정하게 유지하도록 하면서 어음 재료의 목록이 쓰여진 카드를 편안한 크기와 속도로 읽도록 함으로써 이루어졌다. 여기서, 어음 재료를 읽을 때 음절 사이의 간격을 1초 내외로 두도록 하였으며, VCV 음절을 읽을 때 앞 음절에 부가적인 어중-음절말음(word medial syllable final)을 삽입하여 읽지 않도록, 예를 들어, '아싸'를 '앋싸'와 같은 식으로 읽지 않도록 하였다. 이 어음 재료는 CSL과 연결된 마이크로폰을 통해 CSL에 저장되었는데, sampling rate를 51,200 Hz로 조절하여, 마찰 잡음의 최저 및 최고 주파수의 전체 범위가 모두 나타날 수 있도록 한 뒤에 어음 재료를 발화하도록 하였다.

공기역학적 측면의 분석을 위한 어음 재료의 채취는 공기밀폐식 마스크를 얼굴에 밀착시킨 상태에서 목표음을, 음향학적 분석을 위한 어음 재료 채취 때와 같은 방법으로 읽도록 함으로써 이루어졌다. 발화 후 그래프에 나타난 호기류율이, 미리 설정된 상한선(0.5 ℓ/sec)을 벗어난 경우에는 그 상한선을 상향 조정(1~1.5 ℓ/sec)한 후 다시 어음 재료를 읽도록 하였으며, 앞서 음절의 발화가 완전히 끝나서 호기류율이 0으로 떨어진 후에 다음 음절을 읽도록 하였다.

5. 분석 방법

그림 1은 음향학적 분석을 위해 채취한 재료 중 '사'를 spectrogram으로 나타낸 것이다.

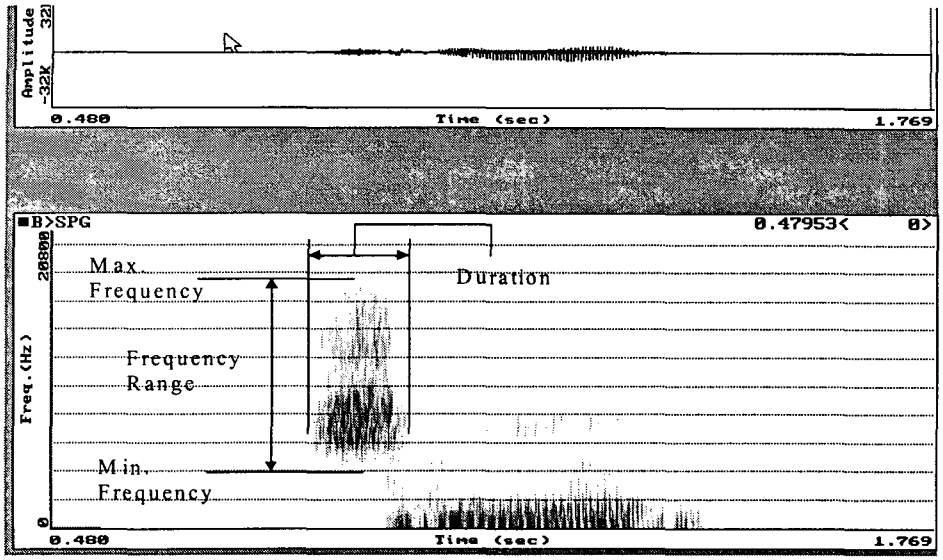

그림 1. '사'의 spectrogram 분석 모습

그림에서 보는 것처럼 마찰 잡음이 시작되는 부분에서 끝나는 부분까지의 시간 간격을 마찰 잡음 지속시간으로 하였다. 마찰 잡음이 나타나기 시작하는 가장 낮은 주파수를 최저 주파수로, 가장 높은 주파수를 최고 주파수로 설정하였으며, 최저 주파수부터 최고 주파수까지의 주파수 범위를 마찰 잡음의 주파수 범위로 하였다.

다른 어음 재료에 대한 분석도 같은 방법으로 실시되었는데, 단, '자'와 같은 파찰음의 경우 마찰 잡음 지속시간을 측정함에 있어 파찰음의 파열 부분은 제외하도록 하였다.

그림 2는 공기역학적 분석을 위해 채취한 '사'를 Aerophone II상에 나타낸 것이다. 그림의 첫 번째 칸은 채취된 음성의 강도를 시간별로 보여주고 있으며, 세 번째 칸은 그때 나타나는 호기류율의 변화를 보여주고 있다. 최대 호기류율은 1개 음절의 호기류율 곡선 중 가장 높게 나타난 부분(정점)의 수치로 하였고, 상승 시간(rise time)은 호기류율의 곡선이 기본선에서 상승하기 시작하는 시간에서부터 정점까지 도달하는 데 걸리는 시간으로 하였다.

이들의 통계적 유의성은 paired t-test와 비모수 검정 중 크루스칼-왈리스 test의 두 가지 방법을 통해 산출되었다. '사'-'싸'의 비교처럼 두 개의 음소간의 차이에 대한 통계적 유의성의 검증은 paired t-test를 이용하였고, '자'-'차'-'짜'의 비교처럼 세 개의 음소간의 차이에 대한 통계적 유의성은 크루스칼-왈리스 test를 이용하였다.

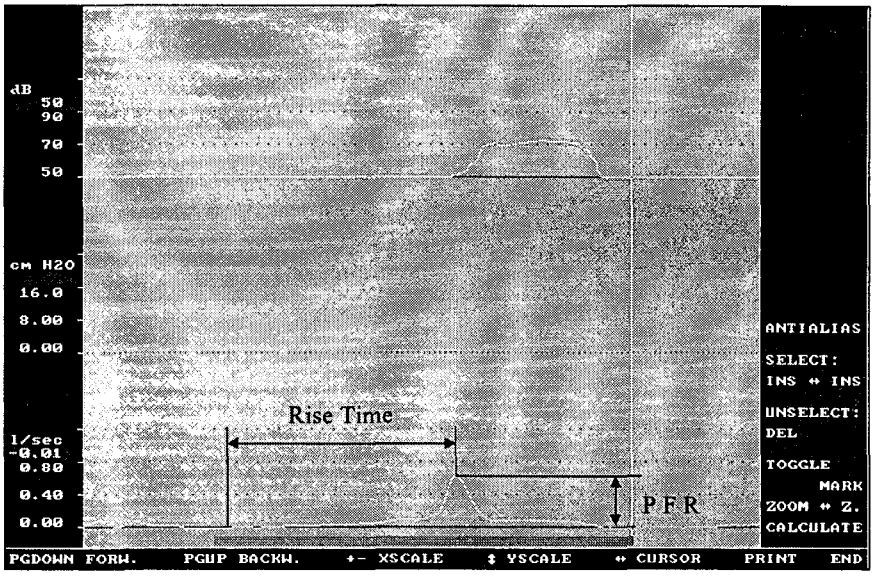

그림 2. '사'의 공기역학적 측면 분석의 모습

결 과

1. 음향학적 측면의 분석

표 1에서, 우리는 마찰음과 파찰음의 마찰 잡음에 대한 최저, 최고 주파수와 그 범위 및 마찰 잡음 지속시간의 평균 수치를 알 수 있다.

표 1. 마찰음과 파찰음의 음향학적 변수에 대한 분석 결과

CV 음절어	사	싸	자	차	짜
최저 주파수 (Hz)	3462.5	3880	2607.4	2482.1	2699.6
최고 주파수 (Hz)	12699	14219	11876	14173	12429
주파수 범위 (Hz)	9236.5	10339	9271.2	11701	9705.6
마찰 지속시간 (sec)	0.0910	0.1408	0.0477	0.0622	0.0387
V C V 음절어	아사	아싸	아자	아차	아짜
최저 주파수 (Hz)	3509.5	3842.3	2679.6	2388.5	2880.7
최고 주파수 (Hz)	14069	14384	12159.3	15221.6	11400
주파수 범위 (Hz)	10530	10541.6	9479.7	12804	8519.3
마찰 지속시간 (sec)	0.0911	0.1612	0.0480	0.0649	0.0362

* 각각의 수치는 평균치를 말한다.

각 음소간의 상대적인 수치의 차이와 그 정도를 비교해 보기 위해 위의 결과를 그래프

로 나타낸 것 중 최저 및 최고 주파수와 전체 주파수 범위를 그래프로 나타낸 것이 그림 3이다.

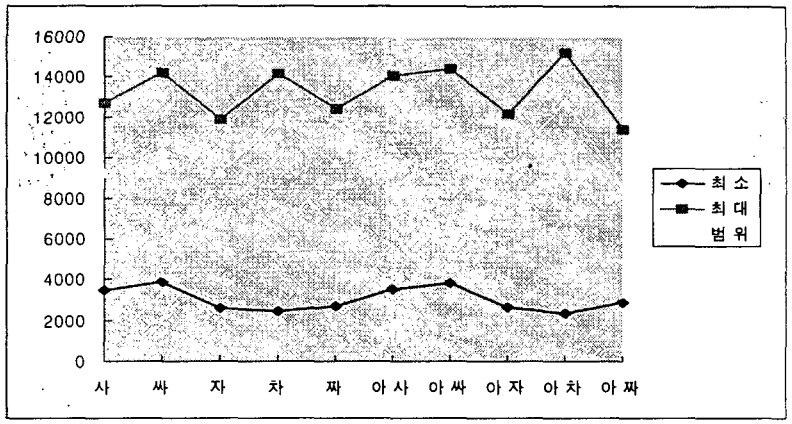

그림 3. 최저(Min.) 주파수와 최고(Max.)
주파수 및 주파수 범위(Range)의 그래프(단위: Hz)

그림 3을 좀 더 세부적으로 살펴볼 때, CV 음절어 중 최저 주파수가 가장 낮았던 것은 '차', 가장 높았던 것은 '싸'인데, VCV 음절어 중에서도 가장 낮은 것이 '아차', 가장 높은 것이 '아싸'였다.

최저 주파수의 정도를 서로 다른 음소들 사이에서 비교한 것은 모두 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다. 즉, '사'와 '싸'가 보인 417.5 Hz의 차이('사'<'싸', $p<0.01$)와, '아사'-'아싸'가 보인 332.8 Hz 차이('아사'<'아싸', $p<0.05$), '사'-'자'가 보인 855.10 Hz '사'>'자', $p<0.01$), '싸'-'짜'가 보인 1,180.4 Hz('싸'>'짜', $p<0.01$), '아사'-'아자'가 보인 829.9 Hz('아사'>'아자',$p<0.01$), '아싸'-'아짜'가 보인 961.9 Hz('아싸'>'아짜', $p<0.01$)의 차이는 모두 통계적으로 의미 있는 차이를 보였다. '자'-'차'-'짜' 사이에서 나타나는 차이('차'<'자'<'짜')나 '아자'-'아차'-'아짜'의 차이('아차'<'아자'<'아짜')와 같이 세 음소간의 차이도 두 음소간의 대립 때와 마찬가지로 그 유의성이 인정되었다($p<0.01$). 그 유의한 차이 중에서도 같은 마찰음간의 대립쌍이나 같은 파찰음간의 대립쌍에서의 비교보다는 마찰음과 파찰음으로 이루어진 대립쌍을 비교했을 때 그 차이가 더욱 큰 것으로 나타났다. 또한 같은 마찰음이나 같은 파찰음 안에서 서로 비교해 보았을 때에는 경음(/ㅆ/, /ㅉ/)이 가장 높은 최저 주파수를 보였으며, 마찰음과 파찰음으로 이루어진 대립쌍을 비교했을 때에는 모든 마찰음이 파찰음보다 높은 주파수를 보였다.

서로 다른 음소간의 대립쌍이 유의한 차이를 보인 것과는 달리, 같은 음소를 음절내 위치를 달리하여 비교했을 때 보인 차이는 그 통계적 유의성이 없었다. '사'와 '아사'가 보인 47 Hz의 차이나('사'<'아사'), '싸'와 '아싸'가 보인 37.7 Hz의 차이('싸'>'아싸'), '자'-'아자'가 보인 72.20 Hz('자'<'아자'), '차'-'아차'가 보인 93.60 Hz('차'>'아차'), 그리고 '짜'-'아

짜'가 보인 181.1 Hz('짜'<'아짜')의 차이는 절대적인 수치의 차이는 있으나 그 차이가 통계적으로 유의하지는 않았다($p>0.05$). 유의성은 없으나 그 차이를 비교해 볼 때 위의 5개의 대립쌍 중 3개 쌍이 어중음이 더 높은 최저 주파수를 보였고, 나머지 2개는 어두음에서 더 높은 것으로 나타났다.

최고 주파수에 대해 좀 더 세부적으로 보면 CV 음절어 중에서 가장 높은 최고 주파수를 보인 것은 '싸'였으며, '자'가 가장 낮았고, VCV 음절어 중에서는 '아차'가 가장 높았으며, '아짜'가 가장 낮았다.

최고 주파수의 경우에도 최저 주파수의 경우처럼 서로 다른 음소간의 비교가 대체로 통계적으로 유의한 결과를 보였다. '사'와 '싸'의 차이(1,520 Hz의 차이, '사'<'싸', $p<0.05$)와 '싸'-'짜'의 차이(1,790 Hz, '싸'>'짜', $p<0.01$), '아사'-'아자'의 차이(829.9 Hz, '아사'>'아자', $p<0.01$), '아싸'-'아짜'의 차이(961.9 Hz, '아싸'>'아짜', $p<0.01$)와 '자'-'차'-'짜'의 차이('자'<'짜'<'차', $p<0.05$)와 '아자'-'아차'-'아짜'의 차이('아짜'<'아자'<'아차', $p<0.05$)가 통계적으로 유의했던 것은 최저 주파수의 경우와 마찬가지이나, 이외에도 '사'와 '아사'의 차이(1,370 Hz, '사'<'아사', $p<0.05$), '차'와 '아차'(1,048.6 Hz, '차'<'아차', $p<0.05$), '짜'와 '아짜'의 차이(1029 Hz, '짜'>'아짜', $p<0.05$)의 차이도 유의한 것으로 나타났다. 통계적으로 유의성이 없는 대립쌍의 경우도 마찬가지 결과를 보여, '싸'-'아싸'(165 Hz의 차이, '싸'<'아싸'), '자'-'아자'(283.3 Hz, '자'<'아자')의 차이가 유의하지 않았음($p>0.05$)은 최저 주파수의 경우와 같으나, 최저 주파수에서는 유의한 차이를 보였던 '아사'-'아싸' 대립쌍(315 Hz, '아사'<'아싸')과 '사'-'자' 대립쌍(823 Hz, '사'>'자')은 최고 주파수에서는 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$). 마찰음과 파찰음으로 이루어진 대립쌍을 비교해 보면 모든 4개의 대립쌍에서 마찰음이 더 높은 주파수를 보임을 알 수 있었고, 최저 주파수와는 달리 여기에서는 5개 대립쌍 중 4쌍의 어중음이 어두음보다 높은 것으로 나타나 좀 더 뚜렷이 분리되는 현상을 보였다. 같은 마찰음 안에서 비교해 볼 때는 평음(/ㅅ/)보다 경음(/ㅆ/)이 더 높은 수치를 보이는 것으로 나타났는데, 파찰음 중에서는 기식음(/ㅊ/)이 경음(/ㅉ/)이나 평음(/ㅈ/)보다 더 높은 것으로 나타나서, 이 양상도 최저 주파수 때와는 다르게 나타남을 보여주고 있었다.

최저 주파수와 최고 주파수 사이의 범위 중 가장 넓은 범위를 보인 것은 CV 음절어에서는 '차'였으며, VCV 음절어에서는 '아차'가 가장 큰 폭을 보였다. 반대로, 가장 좁은 범위를 나타낸 것은 CV 음절어에서는 '사'였고, VCV 음절어에서는 '아짜'의 폭이 가장 좁았다.

주파수 범위는 음향학적 측정치를 구하고 그 차이를 비교한 총 13개 대립쌍 중 6개 대립쌍만이 통계적으로 유의한 차이($p<0.05$)를 보였고, 나머지 7개 대립쌍은 절대적 수치의 차이는 있었으나 그 차이가 유의하지는 않았다. 즉, '사'-'아사'(1,293.5 Hz의 차이, '사'<'아사'), '차'-'아차'(1,103 Hz, '차'<'아차'), '짜'-'아짜'(1,186.3 Hz, '짜'>'아짜'), '아싸'-'아짜'(2,022.3 Hz, '아싸'>'아짜'), '자'-'차'-'짜'('자'<'짜'<'차')와 '아자'-'아차'-'아짜'('아짜'<'아자'<'아차') 대립쌍들이 보인 차이는 통계적으로 유의하였으나 다른 7개 쌍, 즉 '사'-'싸'(1,102.5 Hz, '사'<'싸'), '아사'-'아싸'(11.60 Hz, '아사'<'아싸'), '싸'-'아싸'(202.6 Hz, '싸'<'아싸'), '자'-'아자'(108.5 Hz, '자'<'아자'), '사'-'자'(34.70 Hz, '사'<'자'), '싸'-'짜'(633.4 Hz, '싸'>'짜'), '아사'-'아자'(1,050.3 Hz, '아사'>'아자')의 대립쌍에선 통계적으로 유의한 차이가

나타나지 않았다. 마찰음과 파찰음으로 이루어진 대립쌍을 비교해 보았을 때, 마찰음이 파찰음보다 넓은 범위를 보이는 것은 최저, 최고 주파수의 결과와 일치하는데, 1개의 대립쌍, 즉 '사'-'자'의 대립쌍만은 다른 경우와는 달리 파찰음인 '자'가 '사'보다 더 넓은 주파수 범위를 보이는 것으로 나타났다. 목표 자음이 제 1음절어의 첫소리(어두)에 나타날 때와 제 2음절의 첫소리(어중)에 나타날 때를 비교해 보았을 때 최고 주파수 때와 마찬가지로 5개 대립쌍 중 1개 대립쌍('짜'-'아짜')을 제외한 네 개 쌍이 모두 어중음에서 더 넓은 범위를 보임을 알 수 있었다.

마찰 잡음의 지속시간을 그래프로 나타내면 그림 4와 같은 결과를 얻을 수 있다. 5개의 CV 음절어 중 가장 긴 지속시간을 보인 것은 0.1408 초의 지속시간을 보인 '싸'였고, 가장 짧은 지속시간을 나타낸 것은 0.0387초동안 지속되었던 '짜'였다. 이러한 양상은 VCV 음절어에서도 마찬가지로 나타나 가장 짧은 지속시간을 보인 것이 '아짜'였고, 가장 긴 지속시간을 보인 것이 '아싸'였다. 마찰음과 파찰음으로 이루어진 4개의 대립쌍 모두가 마찰음이 파찰음보다 더 오래 지속되었음을 보여 주었으며, 같은 마찰음 내에서는 경음이, 같은 파찰음 내에서는 격음이 가장 긴 지속시간을 보임을 알 수 있었다. 또한 어중음과 어두음을 비교했을 때에는 대체로 어중음이 더 긴 것으로 나타났다.

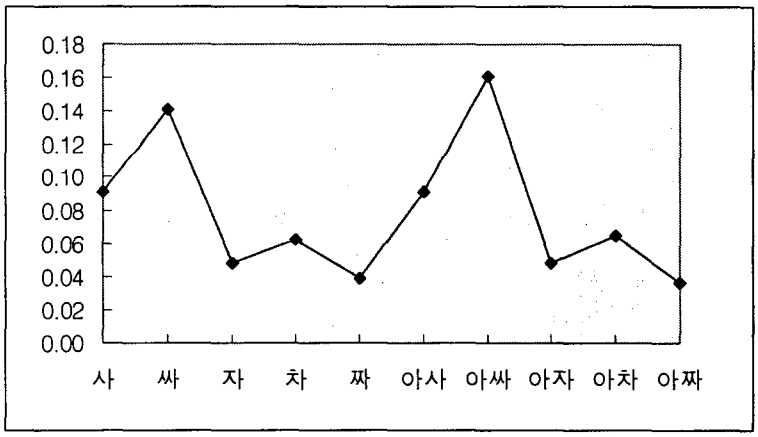

그림 4. 마찰 잡음 지속시간의 그래프 (단위: sec)

마찰 잡음 지속시간은 주파수 범위와는 달리 13개의 대립쌍 중 4개의 대립쌍을 제외한 9개의 대립쌍이 통계적 유의성을 보이는 차이를 나타냈다. 통계적 유의성을 보이지 않은 대립쌍 4개는 '사'-'아사'(0.0001 초의 차이, '사'<'아사'), '자'-'아자'(0.0003 초, '자'<'아자'), '차'-'아차'(0.0027 초, '차'<'아차')와 '짜'-'아짜'(0.0025 초, '짜'>'아짜')였다. 그 외, 9개의 대립쌍은 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였고, 그 대립쌍은 다음과 같다: '사'-'싸'(0.0498 초의 차이, '사'<'싸', $p<0.01$) ; '아사'-'아싸'(0.0701 초, '아사'<'아싸', $p<0.01$) ; '싸'-'아싸'(0.0204 초, '싸'<'아싸', $p<0.05$) ; '사'-'자'(0.0433 초, '사'>'자', $p<0.01$) ; '싸'-'짜'(0.1021 초, '싸'>'짜', $p<0.01$) ; '아사'-'아자'(0.0503 초, '아사'>'아자', $p<0.01$) ; '아싸'-'아짜'(0.1250

초, '아싸'>'아짜', $p<0.01$) ; '자'-'차'-'짜'('짜'<'자'<'차',, $p<0.05$) ; '아자'-'아차'-'아짜'('아짜'<'아자'<'아차, $p<0.05$).

표 2는 공기역학적 측면의 분석에 의해 나타난 최대 호기류율(peak flow rate)과 상승 시간(rise time)의 평균값을 정리한 것이다.

표 2. 공기역학적 측면의 분석 결과

	최대 호기류율 (ml/sec)	상승 시간 (sec)
사	702.10	0.0766
싸	277.14	0.0595
자	648.95	0.0547
차	996.38	0.0801
짜	303.43	0.0467
아사	606.67	0.0777
아싸	252.00	0.0681
아자	510.67	0.0587
아차	963.81	0.0850
아짜	287.62	0.0383

이 중 최대 호기류율에 대한 분석 결과를 그래프로 나타내 보면 그림 5와 같다. 마찰음이나 파찰음을 조음하는 데 있어 필요한 공기량을 나타내는 최대 호기류율은 CV 음절어 중에서는 '차'가 가장 높았고, '싸'가 가장 낮았으며, VCV 음절어에서도 마찬가지로 '아차'가 가장 높았고, '아싸'가 가장 낮았다. 같은 마찰음 안에서는 평음이, 같은 파찰음 안에서는 격음이 가장 높은 수치를 보였으며, 모든 대립쌍에서 어두음이 어중음보다 높은 것으로 나타났다. 마찰음과 파찰음으로 이루어진 대립쌍을 비교해 보았을 때는 마찰음의 경우가 우세했던 음향학적 측면과는 달리 공기역학적 측면에서는 전체 4개 대립쌍 중 마찰음이 더 높았던 경우가 2개 대립쌍이었고, 파찰음이 더 높았던 경우가 또한 2개 대립쌍이어서 우세한 정도가 서로 같은 것으로 나타났다.

최대 호기류율에서 나타나는 차이들은 통계적 유의성이 높은 대립쌍들이 많아서, 13개 대립쌍 중 10개 대립쌍에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 유의성이 없던($p>0.05$) 대립쌍은 다음과 같다: '싸'-'아싸'(25.14 ml/sec의 차이, '싸'>'아싸') ; '차'-'아차'(32.57 ml/sec, '차'>'아차') ; '짜'-'아짜'(15.81 ml/sec, '짜'>'아짜'). 대조적으로, 통계적 유의성이 검증된 10개의 대립쌍은 다음과 같다: '사'-'싸'(424.96 ml/sec, '사'>'싸', $p<0.01$) ; '아사'-'아싸'(354.67 ml/sec, '아사'>'아싸', $p<0.01$) ; '사'-'아사'(95.43 ml/sec, '사'>'아사', $p<0.05$) ; '자'-'아자'(138.28 ml/sec, '자'>'아자', $p<0.01$) ; '사'-'자'(53.15 ml/sec, '사'>'자', $p<0.05$) ; '싸'-'짜'(26.29 ml/sec, '싸'<'짜', $p<0.05$) ; '아사'-'아자'(96.00 ml/sec, '아사'>'아자', $p<0.01$) ; '아싸'-'아짜'(35.62 ml/sec, '아싸'<'아짜', $p<0.05$) ; '자'-'차'-'짜'('짜'<'자'<'아차', $p<0.05$) ; '아자'-'아차'-'아짜'('아짜'<'아자'<'아차').

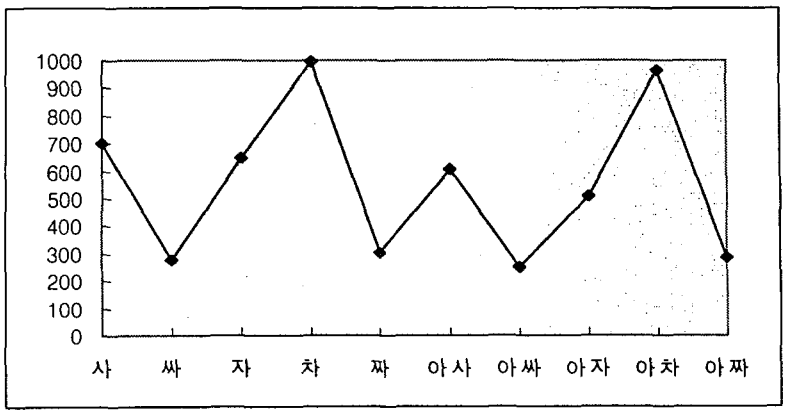

그림 5. 최대 호기류율 분석 결과(단위: ml/sec)

그림 6은 공기역학적 측면의 결과 중 기준선에서부터 호기류율이 정점에 도달하기까지의 시간 간격을 나타내는 상승 시간의 분석 결과이다.

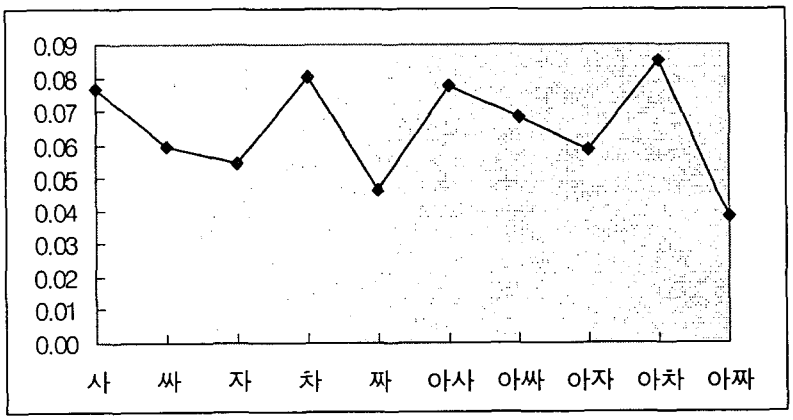

그림 6. 공기역학적 측면 중 상승 시간의 분석 결과(단위: sec)

적절한 마찰을 위해 충분한 공기량을 확보하기 위한 상승 시간은 대체로 파찰음보다는 마찰음이 더 길었고, 어두음보다는 어중음이 더 길었다. 마찰음 내에서 보면 평음이, 파찰음 내에서 보면 격음이 더 길게 나타났다.

이를 세부적으로 비교해 보았을 때, '사'와 '싸'의 대립쌍을 비교해 보면 '사'보다 '싸'가 더 길었는데, 이 두 음절어가 보이는 0.0171 초의 차이는 통계적으로 유의한 차이였다 ($p<0.05$). '아사'와 '아싸'의 비교에서도 '아사'가 더 길었으나 0.0096 초의 차이는 그 유의성이 없는 것으로 나타났다($p>0.05$). 그러나, '아사'-'아싸'의 대립쌍을 제외하면 '사'-'싸'를 포함하여 서로 다른 음소를 비교한 대립쌍은 모두 유의한 차이를 보이는 것으로 나타났다. 따라서 '사'-'자'(0.0219 초 차이, $p<0.01$), '싸'-'짜'(0.0128 초, $p<0.05$), '아사'-'아자'(0.0190 초, $p<0.05$), '아싸'-'아짜'(0.029 초, $p<0.01$)의 대립쌍에서는 모두 통계적으로 유의하게 마찰음이 긴 상승 시간을 보이는 것으로 나타났다. '자'-'차'-'짜'의 대립쌍과 '아

자'-'아차'-'아짜'의 대립쌍은 모두 /ㅉ/<ㅈ/<ㅊ/의 순서로 유의하게($p<0.05$) 상승기가 길어짐을 알 수 있었다.

논 의

앞서 분석한 마찰음과 파찰음의 음향학적 및 공기역학적 측면의 분석 결과를 총괄적으로 간단히 요약해 보면 다음과 같다. 음향학적 측면의 경우, 파찰음보다는 마찰음에서, 연음(/ㅅ/, /ㅈ/)보다는 경음(/ㅆ/, /ㅉ/, /ㅊ/)에서, 더 높은 주파수 대에서 시작하고, 더 높은 주파수까지 상승하며, 더 넓은 범위에 걸쳐 분포하고, 더 긴 시간동안 지속되는 것을 알 수 있었다. 어두와 어중음의 차이는 일관적이지 않으며, 유의한 차이를 보이지 않았다.

음절내 위치에서의 비교를 제외하면, 대체로 일관적인 경향이 관찰되는 음향학적 측면의 결과와는 달리, 공기역학적 측면의 결과는 비교적 비일관적인 결과를 보인다. 최대 호기류율에서 마찰음과 파찰음간의 차이를 비교했을 때 마찰음이 더 높은 호기류율을 보인 대립쌍과 파찰음이 더 높은 호기류율을 보인 대립쌍의 수가 같았으나, 상승 시간에서는 모두 마찰음이 더 길었다. 어두음과 어중음을 비교했을 때에도 최대 호기류율에서는 모두 어두음이 더 높았으나, 상승 시간에서는 대체로 어중음이 더 높았다. 최대 호기류율과 상승 시간의 공통적 특성은 /ㅅ/이 /ㅆ/보다 더 우세하며, 파찰음 중에서는 /ㅊ/이 가장 우세하다는 것이었다.

대체로 선행 연구들은 마찰음과 파찰음의 마찰 잡음 특성에 대해 연구할 때 spectrogram 등을 통한 음향학적인 분석을 많이 실시하였고, 공기역학적 측면에 대해 연구할 때는 호기시 방출되는 공기의 압력 측정이 주로 이루어졌다. 선행 연구들이 대체로 보인 음향학적 특성, 즉 마찰음이 파찰음보다 주파수 대가 더 높으며, 마찰음의 잡음 지속 시간이 더 길다는 것(Klatt, 1974 ; Warren 등, 1981 ; Howell & Rosen, 1983)은 본 연구의 결과와 일치한다. 이 연구에서는 공기역학적 측면에서 분석했던 마찰 잡음의 상승 시간에 대해 연구한 선행 문헌들은 spectrogram과 에너지 곡선을 함께 병용하여 분석하는 등 음향학적 분석을 통해 보고된 경우가 빈번한데, 그러한 분석의 결과도 본 연구 결과와 마찬가지로 마찰음이 더 긴 것으로 보고되고 있다.

대체로 마찰이 일어나는 장소가 구강 내에서 뒤쪽에 위치할수록 그 앞의 공명강이 길어지기 때문에 마찰 잡음의 주파수는 낮아지게 된다. 대체로 치경에서 조음되는 마찰음은 경구개에서 조음되는 파찰음보다 앞쪽에서 마찰이 일어나기 때문에 최저, 최고 주파수와 그 범위 등, 주파수와 관련된 변수에서는 파찰음보다 더 높은 수치를 보이게 된다.

Paik(1998)은 한국어 마찰음을 대상으로 한 전자구개도(electropalatogram)의 실험에서 긴장도가 증가할수록 전자구개도가 접근을 감지하는 범위가 넓어짐을 보고하였다. 따라서 /ㅅ/보다 /ㅆ/의 주파수가 대체로 /ㅅ/보다 더 높은 것은 /ㅆ/의 경우 입천장에 더 가깝게 접근하여 마찰 정도를 더 높이기 때문인 것으로 볼 수 있다. /ㅆ/의 주파수 범위가 /ㅅ/보다 높음에도 불구하고 /ㅆ/의 최대 호기류율이 더 적은 것도 /ㅆ/에서는 적절한 마찰 잡음을 산출하기 위해 많은 공기량을 배출하기보다는 입천장과 혀의 간격을 더욱 좁히도록 하는 것으로 생각할 수 있을 것이다. 그러나, 음향학적 분석에 의한 마찰 잡음 지속시간과

공기역학적 분석에 의한 최대 호기류율과의 상관 관계는 동시 조음된 어음 재료의 분석을 통해 재확인할 필요가 있다.

이 연구 결과에 의하면 파찰음 중에서는 /ㅊ/이 다른 두 음소보다 높은 주파수와 넓은 주파수 범위를 나타내며, 최대 호기류율이나 상승 시간도 세 음소 중에서 가장 긴 것으로 나타났다. 이는 파찰음이 파열음의 특성인 폐쇄 후의 파열과, 마찰음의 특성인 마찰 잡음의 산출을 연속적으로 보이는 자음이라고 정의를 내릴 때, 후자인 마찰 잡음의 특성과 관련하여 설명할 수 있다. 앞서 언급한 바와 같이 구강 외부로 배출되는 마찰 잡음은 성문에서 발생하는 마찰 잡음과 비례한다고 할 때, /ㅊ/은 파찰음 중에서도 격음으로 분류되는 음으로, 다른 두 음소 /ㅈ/과 /ㅉ/보다 성대에서 발생하는 마찰 잡음이 더 크다. 따라서 마찰 잡음과 관련된 모든 항목에서 다른 파찰음보다 우세한 결과를 보이는 것으로 결론지을 수 있을 것이다.

한국어의 파찰음은 영어의 파찰음처럼 유-무성의 대립이 아니라 긴장도(tensity)에 따른 대립을 보인다. 따라서 파찰음의 자체적인 성질이 아닌, 다른 음소간의 비교 분석을 하고자 할 때, 영어의 파찰음간의 비교에 의한 결과를 한국어 파찰음의 결과에 대입하여 고찰해 보고자 하는 것은 무리일 것이다. 그러나, 현재로선 한국어 파찰음에 대한 음향학적, 공기역학적 측면에 대한 선행 연구, 특히 공기역학적 측면의 연구는 많이 이루어지지 않은 실정이다.

공기역학적 분석에 의하면, 서로 다른 음소들간의 최대 호기류율과 상승 시간 사이에는 비례적인 관계가 나타남을 알 수 있다. 즉, 최대 호기류율이 높을수록 상승 시간이 길어지는 함수 관계가 성립되는데, 이는 더 높은 공기량을 확보하려면 더 많은 시간이 필요하다는 것으로 설명이 가능하다. 그러나, 이러한 설명이 같은 음소를 음절내 위치를 달리하여 비교해 볼 때에는 적용되지 않는다. 최대 호기류율에서는 어두음이 어중음보다 더 높은 수치를 보였는데, 이와는 반대로 상승 시간에서는 어중음이 어두음보다 더 긴 시간을 보이는 것으로 나타났기 때문이다. 이는 어중음이 모음 사이에서 조음되었기 때문으로 설명해 줄 수 있을 것이다. 즉, 어두음에 비해 어중음은 앞에 위치해 있는 모음(/ㅏ/)이 조음되면서 어느 정도의 호기류율이 확보된 뒤에 조음되기 때문에 어두음에 비해 정점에 도달하기가 좀 더 수월했을 것이고, 따라서 그에 할애되는 시간도 보다 더 짧게 나타날 것임을 알 수 있다.

이러한 결과들을 임상에서 가장 잘 활용할 수 있는 분야 중 하나는 마찰음이나 파찰음에 오류를 보이는 아동 및 성인 조음 장애 환자에 대한 치료 분야로서 이러한 정보들의 활용은 보다 더 객관적이고 과학적인 사실에 근거를 둔 치료를 가능하게 해 줄 것이며, 이러한 치료는 무조건적인 모방을 요구하는 치료보다 훨씬 큰 효율성을 나타낼 수 있을 것이다. 지금부터 이러한 측면에 대해 좀 더 자세히 고찰해 보고자 한다.

아동들의 자음 조음 발달 순서를 보면 아동들은 대체로 마찰음과 파찰음을 늦게 습득하며 두 자음군을 비교해 보면 파찰음보다도 마찰음을 더 늦게 습득하는 것으로 알려져 있다. 이는 Fletcher가 1989년에 발표한 치찰음(sibilants)과 파찰음의 전자구개도 실험 결과로 설명이 가능하다. Fletcher는 이 실험에서 치찰음은 혀의 운동이 구강 내 공기의 흐름(passageway)이 완전히 막히기 전에 '머뭇거림(halting)'을 보이며, 파찰음은 혀의 운동

이 입천장에 완전히 접촉되었다가 파열된 후 그 운동의 속도가 느려지거나 완전히 정지함을 보고하였다. 이와 더불어 치찰음에서 보이는 '머뭇거림'이 파찰음에서 보이는 완전한 접촉에 의한 폐쇄보다는 더 어려운 일임을 지적하였다. 이에 비추어 보면, 마찰음은 파찰음보다는 더 섬세한 동작을 요구하는 자음이며, 이로 인하여 그 습득이 파찰음보다 늦게 되고, 마찰음을 파찰음으로 대치하는 오류도 보이게 되는 것이다(전희정, 1999). 이를 조음에 문제를 보이는 아동 및 성인 환자의 치료에 적용할 때, 환자가 파찰음과 마찰음에 모두 오류를 보일 때는 보다 더 쉬운 조음기관의 동작을 요구하는 파찰음을 먼저 습득하도록 하여야 할 것이며, 파찰음은 이미 습득되어 있으나 마찰음이 습득되어 있지 않은 환자의 경우에는 파찰음의 초기에 나타나는 구강 내 폐쇄를 서서히 제거해 줌으로써 올바른 마찰음의 조음에 접근해 갈 수 있을 것이다. 이때, 파찰음에서의 갑작스런 구강 내 폐쇄의 제거는 목표음인 치경 마찰음을 산출하기보다는 성문 마찰음 /ㅎ/을 산출하기가 더 쉬울 것이므로 서서히 폐쇄의 정도를 줄여나가도록 하여야 할 것이며, 이 과정동안에는 마찰음과 파찰음이 섞인 인상을 주는 조음을 산출할 수 있고, 실제로 그런 산출을 보이는 환자가 많다. 그러나, 이는 과도기적인 단계에서 나타나는 일시적 현상으로 간주할 수 있으며, 환자의 마찰음 조음이 정조음에 가까워질수록 서서히 그 현상도 사라지게 된다.

이 연구에 의하면 대체로 마찰음이 파찰음보다 더 높은 마찰 잡음의 지속시간을 보이는 것으로 나타났다. 이를 조음 장애 환자의 치료에 적용한다면, 마찰음을 파찰음으로 대치하는 아동의 경우 영어의 [s]음과 유사하게 들리는 마찰 잡음을 내는 시간을 파찰음에서 나타내는 마찰 잡음의 지속시간보다 더 길게 내도록 하는 방법으로 활용해 볼 수 있다. 본 연구 결과와 Howell & Rosen의 1983년에 발표된 연구 결과는 대체로 두 자음군이 보이는 마찰 잡음 지속시간의 차이가 60 ms. 안팎임을 보이고 있다. 그러므로, 대체로 파찰음에서 내는 지속시간보다 두 배정도 길이를 늘이면 마찰음으로 인지되기에 충분한 지속시간을 낼 수 있도록 하는 것으로 충분하리라고 생각된다.

마찰음 중에서는 /ㅅ/보다는 /ㅆ/의 지속 시간이 더 길고, 파찰음 중에서는 /ㅊ/이 가장 길며 /ㅉ/이 가장 짧다. 이러한 특성은 파찰음 내에서나 마찰음 내에서 음소간의 차이를 명확히 구분하여 조음하지 못하는 환자에 대한 치료의 경우에 활용할 수 있다. 즉, /ㅆ/을 /ㅅ/으로 대치하거나 /ㅊ/을 /ㅉ/으로 대치하는 것과 같은 오류를 보이는 환자들에 대해서는 현재 환자가 보이는 오류음에서 산출되는 마찰 잡음 시간을 증가시키도록 유도함으로써 올바른 음이 산출되도록 할 수 있다.

마찰음과 파찰음의 조음시 나타나는 호기류율 또한 조음 장애 환자가 보이는 오류를 정조음으로 산출할 수 있도록 하는 데 중요한 단서를 제공해 줄 수 있다. 호기류율은 APⅡ와 같은 기계를 통하여 시각적 feedback을 줌으로써 활용할 수도 있으나, 더욱 간단하게는 환자가 목표음을 조음할 때 입으로부터 약 1~2 cm 정도 떨어진 거리에 손바닥을 대고 조음하도록 하게 하여 손바닥에 느껴지는 바람의 양을 느끼도록 함으로써 촉각적 feedback을 제공할 수 있는 방법으로 활용할 수도 있다. 즉, '사'를 '자'로 대치하는 환자의 경우 /ㅈ/으로 대치할 때 느껴지는 바람의 양보다 더 많은 양의 바람을 내보내도록 하면서 조음하도록 유도할 수 있다. 이는 지속시간 정보에 대한 활용의 경우와 마찬가지로, 같은 마찰음이나 파찰음 내에서 다른 음소로 대치할 때도 활용할 수 있는 방법이다.

공기역학적 측면에서 분석한 상승 시간에 관한 정보는 환자가 목표음을 조음할 때 그 완급을 조절함으로써 활용할 수 있다. 대체로 '자'의 조음에 문제를 보이는 아동이 목표음을 발음할 때 지나치게 빨리 시작하는 경우에는 파열음과 유사한 음으로 들리는 경우가 많고, '사'의 조음에 문제를 보이는 아동의 경우, 지나치게 빨리 시작하는 경우에는 파찰음과 유사한 음으로 들리는 경우가 많다. 이를 이용하여, '사'를 시작할 때에는 좀 더 천천히, 부드럽게 시작하도록 유도하는 것이 보다 더 효과적으로 /ㅅ/ 음소의 오류를 수정하는데 도움을 줄 것이며, 이런 경우에는 대체로 목표음이 포함되어 있는 음절 전체를 천천히 발음하도록 요구함으로써 충분히 원하는 성과를 얻을 수 있을 것이다.

이러한 결과들과 활용 방법을 단순 조음 장애의 경우가 아닌, 기질적 문제를 동반한 환자군의 경우에 적용시킬 경우를 생각해 볼 때 가장 큰 영향을 받을 수 있는 환자들은 구개파열이 동반되어 있는 환자, 설단소대증(tongue-tie)이 동반되어 있는 환자, 혀 근육의 마비가 동반되어 있는 환자, 상악 및 하악의 구조에 문제가 있는 환자 등이다. Subtelny 등(1972)은 그들이 실시한 X선영화촬영술(cineradiography) 실험 결과, 치찰음을 발음하는데 있어 가장 큰 역할을 하는 것은 설첨과 하악의 위치였고, 두 번째 중요한 역할을 하는 것은 혀의 몸체(tongue body)와 입술의 위치였음을 보고하였다. 이러한 구음체에 문제가 동반되어 있는 환자는 정확한 마찰음의 조음에 영향을 받지 않을 수 없으므로, 사전에 그 문제들을 해결해 주어야 한다.

따라서 구개파열이 동반되어 있거나 상악 및 하악의 구조에 문제가 있는 환자는 모든 수술적 처치가 끝난 후에 본격적인 조음 치료를 시작하되, 그런 처치가 끝나기 전이라도 정확한 목표음의 산출보다는 정확한 조음 위치를 습득하는 데 초점을 두어, 치료를 진행하는 것이 바람직하다. Warren은 1967년에 발표한 논문에서 구개파열 환자들이 보이는 마찰음에서의 구강내압은 오히려 정상인보다 높다는 사실을 보고했고 이는 다른 조음기관의 보완작용에 의한다고 설명하였다. 현재, 구개파열 환자들에게 조음 치료를 실시하는 경우, 비강누출(nasal emission)이나 과도한 비강공명을 줄이도록 하는 물리치료적 방법, 즉, 불기를 통하여 기류를 구강 내로 끌어들이는 방법 등을 사용하는 경우가 많다. 그러나, 이러한 방법들로 그런 문제점을 해소하기에는 그 개선 정도가 미약하여 노력한 만큼의 결과를 얻기가 어렵다. 그러므로, Warren의 실험 결과를 참고로, 정상적으로 움직이는 다른 조음 기관의 보완작용을 이용하여 오류음을 개선하며, 현재의 비강 누출 상태를 줄이기보다는 그 상태에서 다른 조음 기관을 좀 더 확실하게 움직임으로써, 좀 더 정확한 자음을 산출할 수 있도록 하는 데 초점을 맞추는 것이 좋다.

설단소대증이 있는 환자는 설소대절개술(frenotomy) 시술을 거친 후 조음 치료를 시작하도록 하며, 이때 혀의 운동성 개선을 위한 치료가 선행 혹은 병행되어야 한다. 혀 근육의 마비가 있는 환자들의 경우 혀의 운동성 개선을 위한 치료가 반드시 동반되어야 하나 이러한 환자들의 경우에는 설단소대증이 있는 환자들의 경우보다 그 개선의 정도가 느릴 수밖에 없으므로, 혀 외에 마찰음의 조음에 영향을 주는 조음 기관, 즉 하악이나 입술 등의 보완에도 초점을 맞추어야 할 것이다.

결 론

한국어의 마찰음과 파찰음에 대한 특성을 음향학적, 공기역학적 측면에서 분석하기 위해 정상 성인 남, 여 21명이 산출한 '사, 싸, 자, 차, 짜, 아사, 아싸, 아자, 아차, 아짜'의 10개 음절어를 산출하도록 하였다. 이의 분석을 통해 음향학적 측면에서는 마찰 잡음의 최저 및 최고 주파수, 그 범위와 지속시간을 알 수 있었고, 공기역학적 측면에서는 마찰 잡음이 보이는 최대 호기류율과 상승 시간을 알 수 있었다. 그 결과는 다음과 같다:

1. 마찰음은 대체로 3,400 Hz에서 시작하여 15,000 Hz에까지 분포하는 것으로 나타났으며, 그 범위는 대체로 11,000 Hz 내외의 수치를 보였고, 그 지속시간은 대체로 0.14 초 내외였다.
2. 파찰음은 대체로 2,300 Hz에서 시작하여 12,500 Hz에까지 분포하나, 예외적으로 격음인 /ㅊ/은 15,300 Hz까지 분포하는 것으로 나타났다. 주파수 범위는 대체로 10,000 Hz 내외였으나 역시 /ㅊ/은 13,000 Hz까지 분포하는 것으로 나타났고 마찰 잡음의 지속시간은 대체로 0.05 초 내외였는데, 역시 /ㅊ/은 0.07 초 내외로 지속되는 것으로 나타났다.
3. 음향학적 측면에서 볼 때 대체로 마찰음이 파찰음보다 더 높은 주파수 대에서 시작하고, 더 높은 주파수 대에까지 분포되어 있었으며, 그 범위도 더 넓었고, 지속시간도 더 길었다. 어두음과 어중음 사이에서는 통계적으로 유의할 정도의 차이가 관찰되지는 않았으며 대체로 경음의 수치들이 연음보다 더 우세하였다.
4. 마찰음은 250~700 ml/sec의 최대 호기류율을 보였고, 상승 시간은 0.06 초에서 0.07 초 사이인 것으로 나타났다.
5. 파찰음은 280~970 ml/sec의 최대 호기류율을 보였고, 상승 시간은 0.04 초에서 0.085 초 사이인 것으로 나타났다.
6. 공기역학적 측면에서 볼 때 대체로 마찰음이 더 긴 상승 시간과 더 높은 호기류율을 보였으며 최대 호기류율에 있어서는 어두음이, 상승 시간에서는 어중음이 더 우세한 것으로 나타났다. 마찰음에서는 연음이 경음보다 더 높은 수치를 보였으며, 파찰음에서는 /ㅊ/이 가장 우세한 것으로 나타났다.

이러한 결과들을 참고로 마찰음이나 파찰음의 조음상에 문제를 보이는 환자들에게 좀 더 과학적이고 효율적인 치료를 실시할 수 있다. 즉, 기능적 조음 장애 환자나 기질적 문제를 동반한 조음 장애 환자에게 마찰 잡음의 지속시간이나 최대 호기류율, 혹은 상승 시간의 결과를 이용하여, 마찰 잡음을 내는 시간을 조절하고, 조음시 배출하는 공기의 양을 촉각적 feedback을 이용하여 조절하며, 조음 시작시의 완급을 조절함으로써 이러한 결과를 임상 현장에 적극적으로 활용할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

참 고 문 헌

박순복 · 이봉원 · 신지영 · 김기호. 1998. "한국어 마찰음과 파찰음의 변별지각 단서." *음성과학 4(1),* pp.47-58. 한국음성과학회.

배소영. 1994. "정상 말소리의 발달(Ⅰ): 1;4~3;11세의 아동." *언어장애의 이해와 치료(1): 아동의 조음 장애 치료,* pp.27-53. 한국언어병리학회 편.

엄정희. 1994. "정상 말소리의 발달(Ⅰ): 3, 4, 5세의 아동." *언어장애의 이해와 치료(1): 아동의 조음 장애 치료,* pp.54-66. 한국언어병리학회 편.

전희정. 1999. *2-7세 정상아동의 /ㅅ/와 /ㅆ/ 말소리 발달 연구.* 이화여대 석사학위논문.

Baik, W. 1998. "On Tensity of Korean Fricatives(Electropalatographic Study)." *Korean Journal of Speech Sciences 4(1),* pp.135-145. The Korean Association of Speech Sciences.

Borden, G. J., & Harris, K. S. 1984. *Speech Science Primer: Physiology, Acoustics and Perception of Speech.* Baltimore: Williams & Wilkins.

Fletcher, S. G. 1989. "Palatometric Specification of Stop, Affricate and Sibilant Sounds." *Journal of Speech and Hearing Research 32,* pp.736-748.

Howell, P., & Rosen, S. 1983. "Production and Perception of Rise Time in the Voiceless Affricate/Fricative Distinction." *Journal of the Acoustical Society of America 73(3),* pp.976-984.

McGowan, R. S., & Nittrouer, S. 1988. "Differences in Fricative Production between Children and Adults: Evidence from an Acoustic Analysis of /ʃ/ and /s/." *Journal of the Acoustical Society of America 83(1),* pp.229-236.

Kent, R. D. 1997. *The Speech Science.* San Diego: Singular Publishing Group, Inc.

Kent, R. D. & Read, C. 1992. *The Acoustic Analysis of Speech.* San Diego: Singular Publishing Group, Inc.

Kim, H. 1998. "The Place of Articulation of Korean Affricates Observed in LPC Spectra." *Korean Journal of Speech Sciences 3,* pp.93-108. The Korean Association of Speech Science.

_____. 1999. "Articulatory and Acoustic Evidence for the Complete Neutralization of Manner of Articulation in Korean Affrication. *Korean Journal of Speech Sciences 5(2),* pp.27-40. The Korean Association of Speech Science.

Klatt, D. 1974. "The Duration of [s] in English Words." *Journal of Speech and Hearing Research 17,* pp.51-63.

Ladefoged, P. 1982. *A Course in Phonetics.* New York: Harcourt Brace Jovanovich. Inc.

Subtelny, J. D., Oya, N. & Subtelny, J. D. 1972. "Cineradiographic Study of Sibilants." *Folia Phoniatrica 24,* pp.30-50.

Warren D. W., Hall, D. J. & Davis, J. 1981. "Oral Port Constriction and Pressure-Airflow Relationships during Sibilant Productions." *Folia Phoniatrica 33,* pp.380-394.

접수일자: '99. 9. 20.
게재결정: '99. 10. 11.

▲ 표 화 영
서울시 서대문구 신촌동 134(우: 120-752)
연세대학교 의과대학 이비인후과학교실 음성언어의학연구소
Tel: (02) 361-8599
Fax: (02) 313-5030, H/P: 016-295-9788
e-mail: vtpyo@yumc.yonsei.ac.kr

▲ 이 주 환
서울시 강남구 도곡동 146-92(우: 135-270)
연세대학교 의과대학 이비인후과학교실 음성언어의학연구소(영동세브란스 병원)
Tel: (02) 3497-2583
Fax: (02) 3463-4750, H/P: 019-212-0009

▲ 최 성 희
서울시 서대문구 신촌동 134(우: 120-752)
연세대학교 의과대학 이비인후과학교실 음성언어의학연구소
Tel: (02) 361-8599
Fax: (02) 313-5030, H/P: 016-589-2338

▲ 심 현 섭
서울시 서대문구 대현동 11-1(우: 120-750)
이화여자대학교 특수교육학과 & 언어병리학 협동과정
Tel: (02) 3277-3538
Fax: (02) 3277-3110, H/P: 018-244-4354
e-mail: simhs@mm.ewha.ac.kr

▲ 최 홍 식
서울시 서대문구 신촌동 134(우: 120-752)
연세대학교 의과대학 이비인후과학교실 음성언어의학연구소
Tel: (02) 361-8478
Fax: (02) 313-5030, H/P: 011-221-7498
e-mail: hschoi@yumc.yonsei.ac.kr