

## 뇌성마비 아동의 음성 환경에 따른 치경마찰음 ‘ㅅ’, ‘ㅆ’의 음향학적 특성

### Acoustic Characteristics of Korean Alveolar Sibilant ‘s’, ‘s’ according to Phonetic Contexts of Children with Cerebral Palsy

김 숙 희<sup>1)</sup> · 김 현 기<sup>2)</sup>

Kim, Sookhee · Kim, Hyungi

#### ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the acoustic characteristics of Korean alveolar sibilant sounds of children with cerebral palsy by acoustic analysis. Thirteen children with spastic cerebral palsy aging from 6 to 10 years old, were selected by an articulation test, and compared with a control group of thirty children. The meaningless monosyllable CV, disyllable VCV(/asa/) and frame sentence including target syllables CV were measured. C was from the /s, s/, and V was from the set /a, i, u, ε, o, u, ʌ/. Multi-Speech was used for data recording and analysis. As a result, the friction duration of lenis-glottalized alveolar sibilant of children with cerebral palsy was significantly shorter than that of the control group in CV, VCV and frame sentence. The vowel duration in the following lenis-glottalized alveolar sibilant of children with cerebral palsy was significantly longer than that of the control group in CV, VCV and frame sentence. The children with cerebral palsy showed frequency and intensity of friction intervals which were significantly lower than in the control group in CV, VCV and frame sentence. In the comparison of the lenis-glottalized alveolar sibilant by the children with cerebral palsy group's phonation types, the friction duration showed a significant difference between the phonation types in CV, VCV and between the phonetic contexts. The glottalized-sibilant was longer than the lenis-sibilant in all the phonetic contexts. The subsequent vowel duration showed a significant difference between the phonation types in VCV and between the phonetic contexts ( $p < .05$ ). The vowel duration in the following glottalized-sibilant was longer than the vowel duration in the following lenis-sibilant in all the phonetic contexts. In the frequency there was a significant difference between the phonation types in CV, and in the intensity there was a significant difference between the phonation type in CV and VCV. The children with spastic cerebral palsy had difficulty in articulating the alveolar sibilant due to poor control ability in laryngeal, respiration and articulatory movements which require fine motor coordination. This study quantitatively analyzes the acoustic parameters of the alveolar sibilant in various phonetic contexts. Therefore, the results are expected to help provide fundamental data for an intervention of articulation treatment for children with cerebral palsy.

**Keywords:** alveolar sibilant, friction duration, cerebral palsy

#### 1. 서론

정상 아동의 발달에서 조음기관의 운동 기능과 호흡, 발성 기능은 신경학적, 운동학적으로 전신의 운동 발달과 밀접한

관계를 가지며, 아동의 조절된 운동 발달은 이러한 기능을 위한 기초를 제공한다. 특히 턱, 혀, 볼과 입술의 움직임이 결합되어 이루어지는 빨기와 씹기는 머리와 목 근육의 발달에 영향을 주며, 복부 근육의 발달은 머리, 목, 견갑대, 입과 인두 근육에 안정성을 제공해 주고 흉복부 호흡 기능에도 영향을 준다(Connolly & Montgomery, 2001). 이와 같이 근육의 발달과 함께 호흡, 발성, 공명, 조음 및 운율을 포함한 여러 기관들 간의 협응에 의해 말이 산출된다. 뇌성마비 아동의 발달은 신경학적 손상에 의해 머리와 목, 견갑대, 흉곽의 비정상적인

1) 영동대학교 언어치료학과, childst@yd.ac.kr

2) 전북대학교 대학원 임상언어병리학과, paul3196@naver.com

접수일자: 2013년 5월 15일

수정일자: 2013년 6월 9일

게재결정: 2013년 6월 24일

발달로 호기 시 복근의 사용이나 흡기 시 흉부의 팽창을 제한하기 때문에 호흡과 발성의 협응 능력이 떨어지게 되어 발성이나, 음질, 지속시간, 강도, 음도에 영향을 주며, 머리와 목의 과신전은 불과 입술의 후인, 혀의 후인, 턱이 열리고 후인 되어 조음기관의 움직임에 제한하고, 섬세한 조음기관 운동의 협응성이 요구되는 말과 같은 활동을 방해하여(Connolly & Montgomery, 2001), 느린 말 속도와 명료도의 저하, 자음과 모음의 왜곡 등의 말 장애를 나타낸다(Caruso & Strand, 1999). Solomon & Charron(1998)은 뇌성마비 아동이 말을 산출하는 동안 호흡 근육의 약증과 근육 조절의 결함이 있고, 후두에서 기류의 비효율적인 벨빙이 나타났다고 하며, Workinger(2005)는 적절한 성문하압을 생성하고 유지할 수 없어 낮은 음성 강도로 말한다고 하였다.

뇌성마비 아동의 조음에 관한 선행 연구에서는 마찰음과 파찰음의 정확도가 낮고, 치경음의 산출이 어렵다고 하였다(Platt 등, 1980; 전현선, 1995; 김수진, 2003). 치경마찰음은 섬세한 조음기관의 조절 능력을 필요로 하기 때문에 정상 아동의 말소리 발달 과정에서도 가장 늦게 습득되고 조음 오류가 많이 나타나는 음소이다(김영태, 1996; 전희정·이승환, 1999). 이러한 말소리 발달에 관한 연구는 청지각적인 방법에 의해 정확도와 음운 오류 유형 분석(김영태, 1996; 전희정·이승환, 1999; 박애경·이승환, 2000; 김수진 등, 2012)이 대부분이었으나 최근에는 객관적이고 신뢰성을 더한 음향학적인 방법을 사용하여 이를 보완하는 연구들이 많아졌다. 치경마찰음의 음향학적 특성을 규명하기 위해 마찰지속시간, 후행모음길이, 마찰소음구간의 주파수 등의 음향학적 변수를 측정하였으며, 연음과 경음, 마찰음과 파찰음을 변별하는데 중요한 음향 단서는 마찰지속시간이다(Nartey, 1982; 박순복 등, 1998; 이경희·이봉원, 1999; 표화영 등, 1999; 이경희, 2002). 정상 성인을 연구한 선행 연구와는 달리 최근에는 성인 마비 말장애(Tjaden & Turner, 1997; 박희정 등, 2006)나 구개파열(유영신 등, 2010), 기능적 조음장애(남정훈·이봉원, 2010), 청각 장애 아동(Todd, Edwards. & Litovsky, 2011)등의 장애 영역을 대상으로 한 연구가 보고되고 있으나 뇌성마비 아동의 치경마찰음에 대한 연구는 미비하다. 또한 장애 아동을 대상으로 한 선행 연구는 음성 환경에서 다양한 음향학적 매개변수들을 분석하여 비교하지 않고 마찰지속시간 또는 질식주파수라는 특정한 음향 변수만을 비교하여 대상 아동의 치경마찰음에 대한 특성의 다양성을 보여주지 못했다. 따라서 본 연구에서는 다양한 음성 환경에서 컴퓨터 음향분석기를 사용한 정량적인 분석을 통해 뇌성마비 아동이 산출한 치경마찰음의 음향학적 특성을 알아보고, 그 결과는 뇌성마비 아동의 조음 치료 중재에 필요한 기초 자료로 제공하고자 한다.

## 2. 연구 대상 및 방법

### 2.1 연구 대상

연구 대상은 재활의학과 임상외에 의해 경직형 양하지마비와 경직형 편마비라고 진단된 만 6세~10세 아동 13명(평균 연령: 101.31±15.66개월)으로 남아 8명(평균 연령: 102.37±16.47개월)과 여아 5명(평균 연령: 99.60±15.97개월)을 선정하였고, 해당 아동들의 조음검사 결과 자음 정확도는 80% 이상이었으며 언어발달장애가 있다. 대조군으로는 지적장애, 구강 구조 및 기능에 이상이 없고, 자음 정확도가 100%인 만 6세~10세 정상 아동 30명(평균 연령: 101.36±17.96개월)으로 남아 15명(평균 연령: 102.13±17.45개월)과 여아 15명(평균 연령: 100.60±19.04개월)으로 하였다. 뇌성마비 아동의 운동장애 중증도는 5년 이상 뇌성마비 아동의 치료 경력이 있는 물리치료사에 의해 GMFCS(Gross Motor Function Classification System)를 실시하여 평가하였다(Nordmark, Hägglund. & Lagergren, 2001). 대상 아동의 자음 정확도는 신효근·김현기(2003)의 「VPI 조음감별검사」 도구를 사용하여 5년 이상의 임상 경험이 있는 2명의 언어치료사가 녹음한 말 샘플을 듣고 전사하여 대상 아동의 정조음 수를 목표 음소 20개의 자음수로 나누었다. 대상 아동의 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 대상 아동의 특성  
Table 1. Characteristics of subjects

특성	대상자	뇌성마비 아동	정상 아동
연령	M±SD(개월)	101.31±15.66	101.36±17.96
성별	M(n)	8	15
	F(n)	5	15
자음정확도(%)	M±SD	86.15±4.16	100.00±0.00
GMFCS <sup>1)</sup>	I ~ II Level(n)	8	
	III Level(n)	2	
	IV~V Level(n)	3	
마비 유형	양하지 마비(n)	9	
	편마비(n)	4	

GMFCS<sup>1)</sup> : Gross Motor Function Classification System

### 2.2 연구 방법

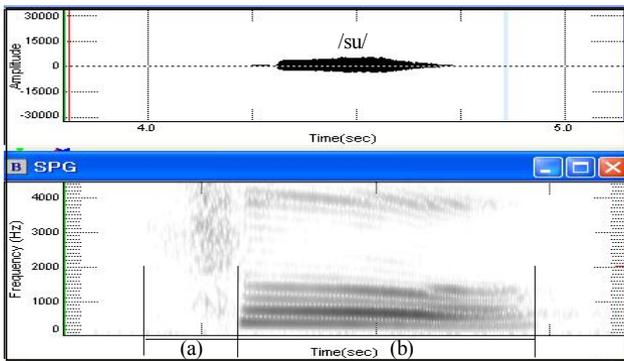
#### 2.2.1 자료 수집

말 샘플은 소음이 적은 조용한 방에서 개별적으로 검사하였다. 뇌성마비 아동의 긴장이 유발되지 않도록 보조도구를 사용하여 안정된 자세로 앉히고 글자를 보여 주면서 읽게 하였고, 문장을 읽지 못하는 아동은 검사자가 발음 한 후 따라서 발화하게 하였으며, 2회에 걸쳐 반복 측정하였다. 다양한 음성 환경에서 음절 내 위치에 따른 마찰음의 마찰지속시간과 마찰구간의 주파수 및 소음에너지의 강도를 알아보기 위해 구강 내에서 산출되는 마찰소음이 발생되지 않는 성문마찰음 /ㅎ/을 제외한 치경마찰음을 선정하였으며, 목표 음절은 치경마찰음 /ㅅ/, /ㅆ/과 단모음 /ㅏ, ㅣ, ㅓ, ㅕ, ㅑ, ㅓ, ㅗ, ㅛ/를 결합한

무의미 일음절 단어(CV, 예: /사/, /시/, /싸/, /씨/) 및 이음절 단어(VCV, 예: /아사/, /이시/, /아싸/, /이씨/), 무의미 일음절 단어가 들어간 문장을 사용하여 “여기에 /CV/가 있다”를 발화하게 하였다(CV, 예: /사/, /시/, /싸/, /씨/). 녹음은 콘텐서 마이크(GnS, Model GP-1000)를 대상자의 입으로부터 측면 아래쪽 5cm 떨어진 곳에 고정하였으며, GMFCS IV~V 수준의 뇌성마비 아동들은 물리치료사의 도움에 의해 머리를 조절하여 일정한 거리를 유지하도록 하였다. Multi-Speech model 3700 (KayPentax, USA, 2006)을 사용하여 표본율 11,025Hz로 음성 파일을 저장하였다.

2.2.2 자료 분석

뇌성마비 아동의 말 샘플 중 청지각적으로 정조음한 치경마찰음을 분석하였으며, 음절 유형에 따른 치경마찰음의 마찰지속시간(frictionation duration), 후행 모음길이(vowel duration, VD)는 Multi-Speech model 3700의 광대역 스펙트로그램 창에서 측정하였다. 마찰지속시간은 <그림 1>과 같이 소음에너지가 3,000Hz이상에서 넓게 분포 할 때를 기준으로 마찰음의 시작부터 모음의 제 1포먼트가 시작하는 부분까지를 측정하였으며, 마찰구간과 기식구간 모두를 마찰지속시간으로 하였다. 마찰구간의 주파수와 소음에너지의 강도(dB)는 기식구간을 제외한 마찰구간의 중간 지점을 대상으로 광대역 스펙트로그램과 선형예측상관계수(LPC) 창에서 분석하였다. 후행 모음의 길이는 모음의 제 1 포먼트가 시작되는 부분으로부터 규칙 파형이 지속되는 시간을 측정하였다.



(a) 마찰지속시간 (b) 후행 모음길이

그림 1. 정상 아동의 /su/ 스펙트로그램  
Figure 1. Spectrogram for /su/ of normal child

2.2.3 자료 처리

SPSS통계 프로그램(version 12.0)을 이용하여 분석하였으며, 뇌성마비 아동과 대조군 간의 유의 검정은 독립표본 t-검정(independent sample t-test)을 사용하여 비교하였다. 뇌성마비 아동의 치경마찰음의 연음과 경음 간의 유의 검정은 대응표본 t-검정(paired t-test), 음성 환경에 따른 평균값을 비교하기 위

해서는 일원분산분석(one-way ANOVA)을 사용하였으며, 유의한 차이가 나타난 음성 환경을 알아보기 위해 LSD 사후검정을 실시하였다. 통계처리는 0.05 유의수준에서 검정하였다.

3. 결과

3.1 마찰지속시간과 후행모음길이

음성 환경에 따른 집단 간 치경마찰음의 마찰지속시간과 후행 모음길이의 평균을 비교한 결과는 <표 2>와 같다. 마찰지속시간은 일음절 환경에서 연음의 경우 뇌성마비 아동(125.4ms)이 정상 아동(150.5ms)보다 유의하게 짧았으며( $p < .05$ ), 경음은 뇌성마비 아동(139.5ms)이 정상 아동(186.5ms)보다 유의하게 짧았다( $p < .05$ ). 이음절 환경에서 연음은 뇌성마비 아동(101.1ms)이 정상 아동(126.6ms)보다 유의하게 짧았으며( $p < .05$ ), 경음은 뇌성마비 아동(156.6ms)이 정상 아동(222.0ms)보다 유의하게 짧았다( $p < .05$ ). 문장 환경에서 연음은 뇌성마비 아동(120.9ms)이 정상 아동(152.6ms)보다 유의하게 짧았으며( $p < .05$ ), 경음은 뇌성마비 아동(129.8ms)이 정상 아동(187.0ms)보다 유의하게 짧았다( $p < .05$ ).

마찰지속시간은 두 집단 모두 연음에 비해 경음에서 길었으며, 연음에서 정상 아동은 문장>일음절>이음절 환경, 뇌성마비 아동은 일음절>문장>이음절 환경 순으로 길었으며, 경음에서 정상 아동은 이음절>문장>일음절, 뇌성마비 아동은 이음절>일음절>문장 환경 순으로 길었다.

일음절 환경에서 연음에 후행하는 모음길이는 뇌성마비 아동(343.6ms)이 정상 아동(294.8ms)보다 유의하게 길었으며( $p < .05$ ), 경음은 뇌성마비 아동(356.0ms)이 정상 아동(295.5ms)보다 유의하게 길었다( $p < .05$ ). 이음절 환경에서 연음은 뇌성마비 아동(289.6ms)이 정상 아동(272.6ms)보다 유의하게 길었으며( $p < .05$ ), 경음은 뇌성마비 아동(321.4ms)이 정상 아동(273.0ms)보다 유의하게 길었다( $p < .05$ ). 문장 환경에서 연음은 뇌성마비 아동(184.4ms)이 정상 아동(136.5ms)보다 유의하게 길었으며( $p < .05$ ), 경음은 뇌성마비 아동(198.7ms)이 정상 아동(159.8ms)보다 유의하게 길었다( $p < .05$ ).

후행 모음길이는 두 집단 모두 연음에 후행하는 모음길이에 비해 경음에 후행하는 모음길이가 길었으며, 연음과 경음에 후행하는 모음길이는 두 집단 모두 일음절>이음절>문장 환경 순으로 길었다.

3.2 주파수와 소음에너지의 강도

음성 환경에 따른 집단 간 치경마찰음의 마찰구간 주파수와 소음에너지 강도의 평균을 비교한 결과는 <표 3>과 같다. 마찰구간의 주파수는 일음절 환경에서 연음의 경우 뇌성마비 아동(3933.9Hz)이 정상 아동(4040.9Hz)보다 유의하게 낮았으며( $p < .05$ ), 경음은 뇌성마비 아동(3857.0Hz)이 정상 아동(4045.

5Hz)보다 유의하게 낮았다( $p < .05$ ). 이음절 환경에서 연음은 뇌성마비 아동(3888.3Hz)이 정상 아동(4004.5Hz)보다 유의하게 낮았으며( $p < .05$ ), 경음은 뇌성마비 아동(3946.5Hz)이 정상 아동(4050.6Hz)보다 유의하게 낮았다( $p < .05$ ). 문장 환경에서 연음은 뇌성마비 아동(3940.8Hz)이 정상 아동(4052.4Hz)보다 유의하게 낮았으며( $p < .05$ ), 경음은 뇌성마비 아동(3919.3 Hz)이 정상 아동(4084.3Hz)보다 유의하게 낮았다( $p < .05$ ).

마찰구간의 주파수는 일음절, 이음절, 문장 환경에서 정상 아동의 경우 연음에 비해 경음에서 높았으며, 뇌성마비 아동은 일음절과 문장 환경에서는 연음, 이음절 환경은 경음에서 높았다. 두 집단 모두 연음에서는 문장>일음절>이음절 환경 순으로 높았으며, 경음은 정상 아동의 경우 문장>이음절>일음절 환경, 뇌성마비 아동은 이음절>문장>일음절 환경 순으로 높았다.

소음에너지의 강도는 일음절 환경에서 연음의 경우 뇌성마비 아동(10.00dB)이 정상 아동(22.72dB)보다 유의하게 낮았으며( $p < .05$ ), 경음은 뇌성마비 아동(7.95dB)이 정상 아동(20.59 dB)보다 유의하게 낮았다( $p < .05$ ). 이음절 환경에서 연음은 뇌성마비 아동(8.81dB)이 정상 아동(21.60dB)보다 유의하게 낮았으며( $p < .05$ ), 경음은 뇌성마비 아동(8.33dB)이 정상 아동(21.1 3dB)보다 유의하게 낮았다( $p < .05$ ). 문장 환경에서 연음은 뇌성마비 아동(9.80dB)이 정상 아동(23.30dB)보다 유의하게 낮았으며( $p < .05$ ), 경음은 뇌성마비 아동(7.71dB)이 정상 아동(22.58 dB)보다 유의하게 낮았다( $p < .05$ ).

소음에너지의 강도는 두 집단 모두 경음에 비해 연음이 높았으며, 정상 아동의 경우 연음은 문장>일음절>이음절 환경, 경음은 문장>이음절>일음절 환경 순으로 높았으며, 뇌성마비

표 2. 집단 간 마찰지속시간과 후행 모음길이에 대한 t-검정 비교

Table 2. T-test comparison for frication duration and vowel duration between groups

음성 환경		마찰지속시간(ms)		후행모음길이(ms)	
		정상아동 (n=30)	뇌성마비 (n=13)	정상아동 (n=30)	뇌성마비 (n=13)
일음절 (M±SD)	연음	150.5 ±40.9	125.4 ±37.2*	294.8 ±54.0	343.6 ±92.2*
	경음	186.5 ±46.3	139.5 ±47.8*	295.5 ±59.3	356.0 ±87.3*
이음절 (M±SD)	연음	126.6 ±40.7	101.1 ±40.3*	272.6 ±58.4	289.6 ±45.5*
	경음	222.0 ±48.7	156.6 ±44.9*	273.0 ±53.1	321.4 ±50.8*
문장 (M±SD)	연음	152.6 ±35.5	120.9 ±38.5*	136.5 ±46.6	184.4 ±79.9*
	경음	187.0 ±37.6	129.8 ±46.8*	159.8 ±45.2	198.7 ±66.6*

\* $p < .05$

아동은 연음에서 일음절>문장>이음절 환경, 경음은 이음절>일음절>문장 환경 순으로 높았다.

표 3. 집단 간 주파수와 강도에 대한 t-검정 비교  
Table 3. T-test comparison for frequency and intensity between groups

음성 환경		주파수(Hz)		강도(dB)	
		정상아동 (n=30)	뇌성마비 (n=13)	정상아동 (n=30)	뇌성마비 (n=13)
일음절 (M±SD)	연음	4040.9 ±207.7	3933.9 ±260.0*	22.72 ±6.20	10.00 ±6.43*
	경음	4045.5 ±204.6	3857.0 ±287.1*	20.59 ±6.46	7.95 ±5.82*
이음절 (M±SD)	연음	4004.5 ±224.3	3888.3 ±274.9*	21.60 ±5.94	8.81 ±7.32*
	경음	4050.6 ±213.2	3946.5 ±258.7*	21.13 ±5.98	8.33 ±5.60*
문장 (M±SD)	연음	4052.4 ±214.2	3940.8 ±321.9*	23.30 ±6.87	9.80 ±6.12*
	경음	4084.3 ±203.3	3919.3 ±264.5*	22.58 ±6.77	7.71 ±4.88*

\* $p < .05$

3.3 뇌성마비 아동의 치경마찰음 비교

음성 환경에서 뇌성마비 아동의 발성 유형에 따른 치경마찰음의 평균을 비교한 결과는 <표 4>와 같다. 마찰지속시간은 일음절 환경에서 경음(139.5ms)이 연음(125.4ms)보다 유의하게 길었으며( $p < .05$ ), 이음절 환경은 경음(156.6ms)이 연음(101.1 ms)보다 유의하게 길었다( $p < .05$ ). 문장 환경에서는 연음과 경음 간에 유의한 차이가 없었으나, 연음에 비해 경음이 길었다. 후행 모음길이는 이음절 환경에서 경음의 후행 모음길이(321.4ms)가 연음의 후행 모음길이(289.6ms)보다 유의하게 길었다( $p < .05$ ). 일음절과 문장 환경에서는 연음과 경음에 후행하는 모음길이 간에 유의한 차이가 없었으나, 경음의 후행 모음

표 4. 뇌성마비 아동의 치경마찰음에 대한 t-검정 비교  
Table 4. T-test comparison for alveolar sibilant of cerebral palsy

음성 환경	일음절(M±SD)		이음절(M±SD)		문장(M±SD)	
	연음	경음	연음	경음	연음	경음
마찰지속 시간 (ms)	125.4 ±37.2	139.5 ±47.8*	101.1 ±40.3	156.6 ±44.9*	120.9 ±38.5	129.8 ±46.8
후행모음 길이 (ms)	343.6 ±92.2	356.0 ±87.3	289.6 ±45.5	321.4 ±50.8*	184.4 ±79.9	198.7 ±66.6
주파수 (Hz)	3933.9 ±260.0	3857.0 ±287.1*	3888.2 ±274.9	3946.5 ±258.7	3940.8 ±321.9	3919.2 ±264.5
강도 (dB)	10.00 ±6.43	7.95 ±5.82*	8.81 ±7.32	8.33 ±5.60	9.80 ±6.12	7.71 ±4.88*

\* $p < .05$

길이가 연음의 후행 모음길이 보다 길었다. 마찰구간의 주파수는 일음절 환경에서 연음(3933.9Hz)과 경음(3857.0Hz) 간에 유의한 차이가 있었으나( $p<.05$ ), 이음절 환경과 문장 환경에서는 유의한 차이가 없었다. 소음에너지의 강도는 일음절 환경에서 연음(10.00dB)과 경음(7.95dB) 간에 유의한 차이가 있었으나( $p<.05$ ), 이음절 환경에서는 유의한 차이가 없었다. 문장 환경에서는 연음(9.80dB)과 경음(7.71dB) 간에 유의한 차이가 있었다( $p<.05$ ).

3.4 뇌성마비 아동의 음성 환경 간 치경마찰음에 대한 일원분산분석 비교

뇌성마비 아동의 치경마찰음에 대한 음성 환경 간의 유의한 차이를 알아보기 위해 일원분산분석을 실시하였으며, 결과는 <표 5>와 같고, 유의한 차이를 보인 음성 환경을 알아보기 위해 LSD 사후검정을 실시하였다. 마찰지속시간에서 연음( $F=10.212, p<.05$ )과 경음( $F=7.693, p<.05$ )은 음성 환경 간에 유의한 차이가 있었다. 유의한 차이를 보인 음성 환경은 연음과 경음에서 이음절 환경은 일음절 환경, 문장 환경과 유의한 차이가 있었다( $p<.05$ ). 후행 모음길이에서 연음에 후행하는 모음길이( $F=105.465, p<.05$ )와 경음에 후행하는 모음길이( $F=127.195, p<.05$ )는 음성 환경 간에 유의한 차이가 있었다. 유의한 차이를 보인 음성 환경은 연음과 경음에 후행하는 모음길이에서 일음절 환경은 이음절 환경, 문장 환경과 유의한 차이가 있었으며( $p<.05$ ), 이음절 환경은 일음절 환경, 문장 환경과 유의한 차이가 있었다( $p<.05$ ). 마찰구간의 주파수는 연음( $F=0.902, p=0.407$ )과 경음( $F=2.616, p=0.075$ )에서 음성 환경

간에 유의한 차이가 없었으며, 소음에너지의 강도는 연음( $F=0.835, p=0.435$ )과 경음( $F=0.293, p=0.746$ )에서 음성 환경 간에 유의한 차이가 없었다.

4. 고찰

본 연구는 뇌성마비 아동이 산출한 치경마찰음의 음향학적 특성을 알아보기 위해 무의미 일음절 단어와 문장 내에 있는 어두 초성 위치, 어중 초성의 이음절 단어 환경에서 마찰지속 시간, 후행모음길이, 마찰구간의 주파수와 강도를 음향학적인 분석을 통해 비교하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

첫째, 뇌성마비 아동과 정상 아동의 마찰지속시간을 비교한 결과 일음절, 이음절, 문장 환경에서 연음과 경음 모두 뇌성마비 아동이 정상 아동에 비해 유의하게 짧았으며( $p<.05$ ), 두 집단 모두 음성 환경에서 연음이 경음에 비해 마찰지속시간이 짧았다. 뇌성마비 아동은 일음절과 이음절 환경에서 연음과 경음 간에 유의한 차이가 있었으나( $p<.05$ ), 문장 환경에서는 차이가 없었다. 또한 음성 환경 간에는 유의한 차이가 있었다( $p<.05$ ). 이러한 결과는 기능적 조음장애 아동을 대상으로 어두-어중 환경을 다르게 하여 치경마찰음의 마찰지속시간을 측정 한 결과 조음장애 아동이 정상아동에 비해 마찰지속시간이 유의하게 짧고, 연음이 경음에 비해 짧았다는 남정훈·이봉원(2010)의 연구 결과와 일치하며, CV환경에서는 연음이 VCV보다 길고, VCV환경에서는 경음이 CV환경보다 마찰지속시간이 길었다는 이경희·이봉원(1999), 남정훈·이봉원(2010)의 연구 결과와 같이 본 연구의 뇌성마비 아동도 일음절 단어와 문장에서 연음의 마찰지속시간이 이음절 환경에서 보다 길었으며, 경음은 이음절 환경에서 가장 길었다. 마찰음은 다른 자음에 비해 상대적으로 긴 소음구간을 가지고 있는데, Shimm(1984)은 유의미 CV음절에서 소음 부분이 75ms에서 130ms에 이르면 과찰음으로, 130ms보다 더 길면 마찰음으로 분류한다고 하였다. 본 연구에서는 일음절과 문장 환경에서 정상 아동의 경우 연음의 마찰지속시간이 150.5ms 이상이었으나 뇌성마비 아동은 125.4ms와 120.9ms로 나타나 선행 연구에 비해 낮은 지속 시간을 나타냈다. 이상의 결과에서 보면 뇌성마비 아동은 음성 환경의 변화와 발성 유형에 따라 변별적으로 산출 할 수 있지만 정상 아동에 비해 마찰지속시간이 짧아 치경마찰음을 산출 할 때 충분한 마찰소음을 내지 못하고 정상 아동만큼 정확하게 산출하는 것이 어렵다는 것을 알 수 있으며, 마찰지속 시간이 짧으면 왜곡되어 들릴 수 있다. 또한 일음절과 이음절 환경에서는 연음과 경음간에 유의한 차이가 있었지만 문장 환경에서는 연음(120.9ms)과 경음(129.8ms)의 마찰지속시간의 차이가 적어 경음을 산출할 때 마찰소음을 충분히 실현하지 못하는 것으로 보이며, 짧은 단어에 비해 긴 발화 내에서 마찰소음의 조절이 더 어렵다는 것을 시사한다. 이와 같이 경음은

표 5. 뇌성마비 아동의 치경마찰음에 대한 일원분산분석 결과

Table 5. Result of one-way ANOVA for alveolar sibilant of cerebral palsy

			제곱합	자유도	평균제곱	F
마찰 지속 시간	연음	환경-간	0.031	2	0.015	10.212*
		환경-내	0.405	270	0.002	
	경음	환경-간	0.033	2	0.017	7.693*
		환경-내	0.585	270	0.002	
후행 모음 길이	연음	환경-간	1.192	2	0.596	105.465*
		환경-내	1.526	270	0.006	
	경음	환경-간	1.243	2	0.622	127.195*
		환경-내	1.319	270	0.005	
주 파 수	연음	환경-간	148,493.7	2	74,246.8	0.902
		환경-내	22,221,865.1	270	82,303.2	
	경음	환경-간	382,413.7	2	191,206.8	2.616
		환경-내	19,734,327.9	270	73,090.1	
강도	연음	환경-간	73.700	2	36.850	0.835
		환경-내	11,921.287	270	44.153	
	경음	환경-간	17.415	2	8.707	0.293
		환경-내	8,020.973	270	29.707	

\* $p<.05$

연음에 비해 긴장이 심하고 혀끝과 치경의 접촉이 더욱 긴밀하게 이루어져 섬세한 조음기관의 협응이 요구된다(김정원, 1995). 그러나 뇌성마비 아동은 조음기관의 분리된 움직임과 협응 능력이 떨어지고 호흡과 후두의 조절 능력이 저하되어 조음기관을 완전히 접촉 시키지 않고 적절한 간격을 유지시킨 상태에서 호기를 일정하게 유지하는데 어려움이 있어 연음에 비해 경음의 조음이 더 어려운 것으로 보인다.

둘째, 치경마찰음에 후행하는 모음의 길이를 비교한 결과 일음절, 이음절, 문장 환경에서 연음과 경음에 후행하는 경우 뇌성마비 아동이 정상 아동에 비해 유의하게 길었으며( $p < .05$ ), 뇌성마비 아동은 이음절 환경에서 연음과 경음 간에 유의한 차이가 있고 음성 환경 간에도 유의하였다( $p < .05$ ). 이는 마비말장애 집단이 정상 집단에 비해 후행 모음의 길이가 길었다는 이은주(2005)의 연구 결과와 일치한다. 후행 모음의 길이는 조음기관이 움직이는데 필요한 시간에 의해 영향을 받으며, 조음기관의 큰 긴장이 이루어지는데 시간이 걸리는 경음이 긴장이 없는 연음 보다 길다(지민제, 1993). 구희산(1998)은 음절 유형에 따라 V, CV, CVC 순으로 모음의 길이가 줄었다고 하였으며, 이경희·이봉원(1999)은 CV환경에서 경음에 후행하는 모음이 연음에 후행하는 모음에 비해 길었다고 한다. 본 연구에서도 뇌성마비 아동의 후행모음 길이는 일음절 환경에서 통계적으로 유의한 차이는 없었으나 경음이 연음에 후행하는 모음의 길이보다 길었으며, 연음과 경음 모두 일음절 > 이음절 > 문장 환경 순으로 모음의 길이가 짧아 선행 연구 결과와 일치하였다. 이상의 결과에서 보면 뇌성마비 아동은 음성 환경의 변화에 따라 후행하는 모음의 길이를 조절하여 산출할 수 있지만 정상 아동에 비해 후행모음의 길이가 길어 조음기관의 시간적인 조절에 어려움이 있고 말 속도가 느리다는 것을 알 수 있으며, 이음절 환경에서 연음(289.6ms)과 경음(321.4ms)에 후행하는 모음의 길이 차이가 31.8ms로 일음절과 문장 환경에서의 12.4ms, 14.3ms에 비해 크게 나타나 어두 초성 위치 보다 어중 초성에 위치 한 경음을 조음할 때 조음기관의 움직임이 느리다는 것을 시사한다.

셋째, 마찰구간의 주파수는 뇌성마비 아동이 정상 아동에 비해 일음절, 이음절, 문장 환경에서 연음과 경음 모두 유의하게 낮았으며, 뇌성마비 아동은 일음절 환경에서 연음과 경음 간에 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ). 이는 마비말장애를 대상으로 문장 내 환경에 따라 마찰음 /s/의 최고 주파수를 분석한 결과 마비말장애 집단이 정상 집단에 비해 최고 주파수가 유의하게 낮았다는 박희정 등(2006)의 연구 결과와 일치하며, 구개파열 아동을 대상으로 마찰음의 소음에너지가 시작되는 주파수를 측정할 결과 무의미음절 환경과 문장 환경 모두에서 절삭주파수 값이 낮았다는 유영신 등(2010)의 연구 결과와도 일치한다. 표화영 등(1999)은 마찰음이 3400Hz에서 15000Hz 까지 고주파수 대역에 분포하고, 어두음과 어중음 사이에는

유의한 차이가 없으나 경음의 수치가 연음보다 더 높고, 경음이 더 높은 주파수대에서 시작한다고 하였다. 본 연구에서 정상 아동은 연음에 비해 경음의 주파수가 높아 선행 연구와 일치하지만 뇌성마비 아동은 이음절 환경에서만 경음이 높은 주파수였고 일음절과 문장 환경에서는 연음의 주파수가 높았다. 이러한 결과에서 마찰구간의 주파수는 정상 아동과 뇌성마비 아동을 구별하는 음향 단서라고 할 수 있으며, 박희정 등(2006), 유영신 등(2010)이 장애 집단과 정상 집단을 구별하는 매개변수라고 한 결과를 뒷받침해 준다.

넷째, 소음에너지의 강도는 일음절, 이음절, 문장 환경에서 연음과 경음 모두 뇌성마비 아동이 정상 아동에 비해 낮았으며, 뇌성마비 아동은 일음절과 문장 환경에서 연음과 경음 간에 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ). 주파수대의 에너지는 좁힘점의 간극과 좁힘 점을 통과하는 기류의 세기와 관계되므로 좁힘점의 간극이 작고, 좁힘 점을 통과하는 기류의 세기가 강할수록 마찰 성분의 주파수대 에너지가 커진다(이호영·지민제·김영송, 1993). 이러한 에너지는 소음 구간 내에서 공기 배출량이 가장 큰 지점을 의미하며, 성문하압의 정도에 따라 조절된다(Ladefoged, 1967; Lshiste, 1970; Ohala, 1970). 본 연구에서 뇌성마비 아동은 성대 긴장도 조절의 어려움과 성문하압을 생성하고 유지할 수 없어 음성 강도가 정상 아동에 비해 낮았으며, 발생 유형에 따른 비교에서 연음이 경음에 비해 강도가 높았다. 이는 경음의 조음은 혀와 치경사이의 통로를 좁게 하여 강한 구강기류를 통과시켜 마찰을 더 강하게 하여 내는 소리인데 뇌성마비 아동은 혀끝을 치경에 협착하여 음을 산출하는 동안 기류의 세기를 조절하는데 어려움이 있어 경음의 강도가 낮은 것으로 보인다. 이러한 결과에서 뇌성마비 아동은 연음에 비해 경음의 조음에서 기류 조절이 더 어렵고, 문장 환경의 경음(7.71dB)에서 강도가 가장 낮아 발화 길이가 길수록 조음기관과 후두의 조절 능력에 어려움이 있다는 것을 시사한다.

## 5. 결론

본 연구는 다양한 음성 환경에서 음향학적인 분석을 통해 정량적으로 평가하여 뇌성마비 아동의 치경마찰음의 음향학적인 특성을 비교 분석하였으며, 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 마찰지속시간은 일음절, 이음절, 문장 환경에서 연음과 경음 모두 뇌성마비 아동이 유의하게 짧았다( $p < .05$ ).

둘째, 후행 모음길이는 일음절, 이음절, 문장 환경에서 연음과 경음에 후행하는 모음 모두 뇌성마비 아동이 유의하게 길었다( $p < .05$ ).

셋째, 마찰구간의 주파수와 강도는 일음절, 이음절, 문장 환경에서 연음과 경음 모두 뇌성마비 아동이 유의하게 낮았다

( $p < .05$ ).

넷째, 뇌성마비 아동의 연음과 경음의 마찰지속시간은 일음절과 이음절 환경에서 발성 유형 간에 유의한 차이가 있었으며, 음성 환경 간에도 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ).

다섯째, 뇌성마비 아동의 연음과 경음에 후행하는 모음길이는 이음절 환경에서 발성 유형 간에 유의한 차이가 있었으며, 음성 환경 간에도 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ).

여섯째, 뇌성마비 아동의 연음과 경음의 마찰구간의 주파수는 일음절 환경, 강도는 일음절과 이음절 환경에서 발성 유형 간에 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ).

이상의 결과를 보면 뇌성마비 아동은 호흡과 후두의 조절 능력이 저하되고 조음기관의 움직임과 조절 능력이 떨어져 섬세한 운동 협응을 필요로 하는 치경마찰음의 조음에 어려움이 있었다. 따라서 마찰지속시간과 후행모음길이 및 마찰구간의 주파수와 강도는 뇌성마비 아동의 말 특성을 반영하는 파라미터들로 유용하며 치료 중재와 진단 과정을 객관적으로 제공하는데 도움이 될 것이다.

본 연구는 경직형 뇌성마비 아동을 대상으로 하였기 때문에 다른 유형의 뇌성마비 아동의 치경마찰음의 특성으로 일반화하여 해석하기에는 어려움이 있으므로 여러 유형의 대상자와 비교 분석하여야 하며, 음향학적 파라미터를 일상에서 사용하고 있는 의미 단어나 문장, 자발화 환경에서 분석하여 뇌성마비 아동의 말 특성을 다양하게 제시할 필요가 있다.

### 참고문헌

Caruso, A. J., & Strand, E. A. (1999). Motor speech disorders in children: Definitions, background and a theoretical framework. In Caruso, A. J., & Strand, E. A. (Eds.), *Clinical management of motor speech disorders in children*. New York: Thieme.

Cheon, H. J., & Lee, S. H. (1999). The development of korean /s/ and /s\*/ in normal children of ages 2-7 years. *The Korean Journal of Communication Disorders*, 4, 37-60.

(전희정, 이승환 (1999). 2-7세 정상아동의 /s/ 와 /s\*/ 말소리 발달 연구. 언어청각장애연구, 4, 37-60.)

Connolly, B. H., & Montgomery, P. C. (2001). *Therapeutic exercise in developmental disabilities*. USA: SLACK.

Jun, H. S. (1995). A study on the articulation ability of cerebral palsied by the picture consonant articulation test. *Communication Disorders*, 18(1), 115-132.

(전현선 (1995). 그림자음검사(PCAT)에 나타난 뇌성마비 학생의 조음 능력. 난청과 언어장애 연구, 18(1), 115-132.)

Kim, J. W. (1995). *A study on the duration of korean fricatives /s, s\*/ between vowels*. M.A. Thesis, Seoul National

University.

(김정원 (1995). 모음간 마찰음 /s, s\*/의 지속시간 연구. 서울대학교 석사학위 논문.)

Kim, Y. T. (1996). The percentage of correct consonants in preschooler used by picture articulation test. *The Korean Journal of Communication Disorders*, 1, 7-33.

(김영태 (1996). 그림자음검사를 이용한 취학 전 아동의 자음 정확도 연구. 언어청각장애연구, 1, 7-33.)

Kim, S. J. (2003). Comparing the intelligibility of spastic and flaccid types. *Malsori*, 48, 1-17.

(김수진 (2003). 경직형과 이완형 마비말장애의 명료도 비교. 말소리, 48, 1-17.)

Kim, S. J., Kim, J. M., Yoon, M. S., Chang, M. S., & Cha, J. E. (2012). Alveolar feicative sound errors by the type of morpheme in the spontaneous speech of 3-and 4- year-old children. *Malsori and Speech Sciences*, 4(3), 129-136.

(김수진, 김정미, 윤미선, 장문수, 차재은 (2012). 자발화에 나타난 형태소 유형에 따른 3~4세 아동의 치경마찰음 오류. 말소리와 음성과학, 3, 129-136.)

Koo, H. S. (1998). The influence of consonant environment upon the vowel duration. *Speech Sciences*, 4(1), 7-17.

(구희산 (1998). 모음길이에 미치는 자음 환경의 영향. 음성과학, 4(1), 7-17.)

Ladefoged, P. (1967). Three area of experimental phonetics. In Koo, H. S., Ko, D. H., Yang, B. G., Kim, K. H., & An, S. C. (Eds.), *An introduction to phonetics & phonology* (pp. 475-476). Seoul: Han Shin.

Lehiste. I. (1970). Suprasegmentals. In Koo, H. S., Ko, D. H., Yang, B. G., Kim, K. H., & An, S. C. (Eds.), *An introduction to phonetics & phonology* (pp.475-476). Seoul: Han Shin.

Lee, H. Y., Zhi, M. J., & Kim, Y. S. (1993). The acoustic effects of major korean coarticulatory processes. *Hanguel*, 220, 5-28.

(이호영, 지민제, 김영송 (1993). 동시조음에 의한 변이음들의 음향적 특성. 한글, 220, 5-28.)

Lee, K. H., & Lee, B. W. (1999). Acoustic Characteristics of Korean Lax and tense Fricatives. *Korean Linguistics*, 10, 47-66.

(이경희, 이봉원 (1999). 한국어 평마찰음과 경마찰음의 음향학적 특성. 한국어학회, 10, 47-66.)

Lee, K. H. (2002). Comparison of acoustic characteristics between Seoul and Busan dialect on fricatives. *Speech Sciences*, 9(3), 223-235.

(이경희 (2002). 서울 방언과 부산 방언의 마찰음에 대한 음향학적 특성 비교. 음성과학, 9(3), 223-235.)

Lee, E. J. (2005). *Acoustic phonetic characteristics with flaccid dusarthrias : With focus on fricatives*. M.A. Thesis, Yong-in

- University.  
(이은주 (2005). 이완형 마비말장애 환자의 음향음성학적 특성- 마찰음을 중심으로. 용인대학교 석사학위 논문.)
- Natrey Jonas. N. A (1982). *On fricative phones and phonemes: Measuring the phonetic differences within and between language*. Ph. D. Dissertation, UCLA.
- Nam, J. H., & Yi, B. W.(2010). Acoustic properties of fricatives produced by children with functional articulation disorder. *Malsori and Speech Sciences*, 2(4), 93-100.  
(남정훈, 이봉원 (2010). 기능적 조음장애아동과 일반아동이 산출한 치경마찰음의 음향학적 특성 비교. 말소리와 음성과학, 2(4), 93-100.)
- Nordmark, E. Hägglund G., & Lagergren, J. (2001). Cerebral palsy in southern Sweden. II. Gross motor function and disabilities. *Acta Paediatrica*, 90, 1277-82.
- Ohala. J. J. (1970). Aspects of the control and production of speech. In Koo, H. S., Ko, D. H., Yang, B. G., Kim, K. H., & An, S. C. (Eds.), *An introduction to phonetics & phonology* (pp. 475-476). Seoul: Han Shin.
- Park, S. B., Yi, B. W., Shin, J. Y., & Kim, K. H. (1998). Perceptual cues for korean affricate and fricative distinction. *Speech Sciences*, 4(1), 47-58.  
(박순복, 이봉원, 신지영, 김기호 (1998). 한국어 마찰음과 파찰음의 변별지각 단서. 음성과학, 4(1), 47-58.)
- Park, A. K. (2000). A study on the production of initial /s/, /ç/ and /l/ in the vowel environments. *The Korean Journal of Communication Disorders*, 5(2), 37-60.  
(박애경, 이승환 (2000). 모음 환경에 따른 초성 /s/, /ç/ 및 /l/의 산출 연구. 언어청각장애연구, 5(2), 74-90.)
- Park, H. J., Shin, H. J., Jeong, O. R., & Seok, D. I. (2006). An acoustical and Perceptual Study of /s/ in the speech of dysarthric speakers. *Journal of Special Education & Rehabilitation Science*, 45(1), 187-202.  
(박희정, 신혜정, 정옥란, 석동일 (2006). 마비성 구어장애인들의 마찰음 /s/에 대한 음향학적·청지각적 연구. 특수교육재활과학연구, 45(1), 187-202.)
- Platt, L. J., Andrews, G., Young, M., & Quinn, P. T. (1980). Dysarthria of adult cerebral palsy : I. Intelligibility and articulatory impairment. *Journal of Speech and Hearing Research*, 23, 28-40.
- Pyo, H. Y., Lee, J. H., Choi, H. S., Sim, H. S., & Choi, H. S. (1999). An acoustic and aerodynamic study of Korean fricatives and affricates. *Speech Sciences*, 6(1), 145-161.  
(표화영, 이주환, 최성희, 심현섭, 최홍식 (1999). 한국어 마찰음과 파찰음의 음향학적 및 공기역학적 특성에 관한 연구. 음성과학, 6(1), 145-161.)
- Shinn, P. (1984). *A cross-language investigation of the stop, affricate and fricative manner of articulation*. Ph. D. Dissertation, Brown University.
- Shin, H. G., & Kim, H. G. (2003). *VPI: Articulation differential test*. JB : Monographic.  
(신효근, 김현기 (2003). 조음감별검사. 전북: 모노그래픽스.)
- Solomon, N. P., & Charron, W. (1998). Speech breathing in able-bodied children and children with cerebral palsy: A review of the literature and implications for clinical intervention. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 7(2), 61-78.
- Tjaden, K., & Turner, G. (1997). Spectral properties of fricatives in amyotrophic lateral sclerosis. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 40, 1358-1372.
- Todd, A. E., Edwards, J. R., & Litovsky R. Y. (2011). Production of contrast between sibilant fricatives by children with cochlear implants. *Journal of the Acoustical Society of America*, 130(6), 3969-3979.
- Workinger, M. S. (2005). *Cerebral palsy resource guide for speech - language pathologist*. USA: Thomson.
- You, Y. S., Jang, S. J., Baek, S. J., & Choi, Y. L. (2010). Acoustic anlysis of the differences of fricatives and affricates between normal children and cleft palate children. *Journal of Korea Contents*, 10(5), 285-295.  
(유영신, 장승진, 백승재, 최예린 (2010). 구개파열 아동과 정상아동의 마찰음과 파찰음의 음향음성학적 특성 비교. 한국콘텐츠학회, 10(5), 285-295.)
- Zhi. M. J. (1993). The duration of sound. *Saegugə Saenghwal*, 3(1), 39-57.  
(지민제 (1993). 소리의 길이. 새국어 생활, 3(1), 39-57.)

● 김숙희

영동대학교 언어치료학과  
충북 영동군, 읍 대학로 310  
Tel: 043-740-1632 Fax: 043-740-1179  
Email: childst@yd.ac.kr

● 김현기

전북대학교 대학원 임상언어병리학과  
전북 전주시 덕진구 덕진동 1가 664.1  
Tel: 063-270-4325  
Email: paul3196@naver.com