

## 경직형 뇌성마비 환아의 모음 산출의 음향음성학적 분석

연세대학교 의과대학 재활의학교실 및 재활의학연구소, 연세대학교대학원 <sup>1</sup>언어병리학 협동과정

박은숙 · 나동욱 · 정호익 · 박지은<sup>1</sup> · 남희승 · 김민준

### Acoustic Analysis of Vowel Sound in Children with Spastic Cerebral Palsy

Eun Sook Park, M.D., Dong-Wook Rha, M.D., Ho Ik Chung, M.D., Ji Eun Park, M.S.<sup>1</sup>, Hee Seung Nam, M.D. and Min June Kim, M.D.

Department and Research Institute of Rehabilitation Medicine, Yonsei University College of Medicine, <sup>1</sup>Graduate Program in Speech Pathology, The Graduate School of Yonsei University

**Objective:** To investigate the acoustic characteristics of the vowel phonation in children with spastic cerebral palsy (CP) and normal children

**Method:** Twenty-six children with spastic diplegic CP and seventeen normally developed children were recruited as subjects. Voice samples were collected by pronouncing at full length /a/, /i/, and /u/ three times each into a microphone. With these samples, maximum phonation time using Multi-speech model 3,700, fundamental frequency, jitter percent, shimmer percent, noise to harmony ratio using Multi-Dimensional Voice Program model 5105, and 1<sup>st</sup> formant, 2<sup>nd</sup> formant using Praat<sup>TM</sup> were measured.

**Results:** Maximum phonation time was significantly shorter

in the CP group than normal group ( $p < 0.05$ ). Jitter percent and Shimmer percent were significantly increased in the CP group than in the normal group ( $p < 0.05$ ). Fundamental frequency, 1<sup>st</sup> formant and 2<sup>nd</sup> formant were not significantly different between the two groups.

**Conclusion:** Relatively short duration of maximum phonation time in the CP group suggests poor respiratory control and capacity in children with CP. Higher level of shimmer percent in CP group indicates instability of voice quality that result from poor laryngeal function. No significant difference in 1<sup>st</sup> formant and 2<sup>nd</sup> formant between the CP and control group suggests similar vowel articulatory ability. (J Korean Acad Rehab Med 2007; 31: 103-108)

**Key Words:** Acoustic analysis, Cerebral palsy, Vowel

## 서 론

뇌성마비는 미성숙한 뇌의 비진행성 병변으로 인한 운동 및 자세의 이상을 말하며,<sup>1</sup> 대근육 운동뿐만 아니라 주요 발성 기관의 조절에도 영향을 미친다.<sup>2</sup> 이로 인해 뇌성마비 아동들은 말 산출과 관련된 호흡, 발성, 공명 및 조음에 사용되는 근육 운동의 범위, 강도, 속도, 협응도 등이 저하된다. 이러한 근육의 조절능력장애로 인한 말장애는 조음장애(dysarthria)로 분류하게 되며, 이는 재활의학 영역에서 자주 접할 수 있는 대표적인 말장애이다.<sup>3,4</sup>

발성은 기관, 폐, 흉곽 및 호흡근으로 구성된 호흡기관과 성대와 주변근육, 여러 연골 등으로 구성된 후두기관, 그리고 혀, 입술, 하악, 연구개로 이루어진 구음 기관 조절의 3단계 과정을 통해 이루어진다.

접수일: 2006년 3월 24일, 게재승인일: 2007년 1월 2일  
교신저자: 정호익, 서울시 서대문구 신촌동 134번지

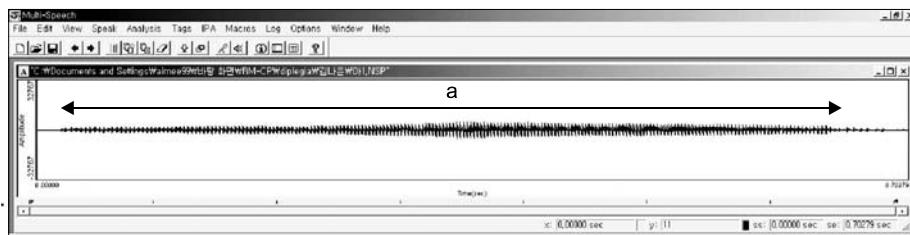
(우) 120-752, 연세의료원 재활병원 재활의학과

Tel: 02-2227-3021, Fax: 02-363-2795

E-mail: medikss@hanmail.net

호흡기관은 발성 시 필요한 공기역학적 에너지를 발생시키는 역할을 하는데 뇌성마비 환아의 비정상적인 근긴장도와 협응장애는 특히 발성하는 동안 호흡근의 활동 패턴에 영향을 미침으로써 음성의 질(quality), 길이(duration), 크기(loudness), 높낮이(pitch) 등에 영향을 준다. 음향음성학적 평가 중 최대연장발성지속시간(maximum phonation time)의 측정은 조음장애 환자의 호흡 및 발성체계의 이상을 평가하기 위해 자주 사용되고 있다.<sup>5</sup>

후두기관은 공기역학적 에너지를 음성 에너지로 변화시키며, 기류의 개폐를 조절한다. 후두근의 기능 장애는 후두 수준에서의 과도한 공기 소모와 불충분한 호흡 기능을 야기한다. 후두기능을 평가하기 위한 객관적인 검사로는 후두의 공기역학적 검사(aerodynamic study), 성대의 진동검사(vibratory study), 음향검사(acoustic study), 근신경검사(neuromuscular test) 및 청각심리검사(psycho-acoustic evaluation) 등이 있다.<sup>6</sup> 이중 음향검사를 통해서 발성이나 음질에 대해 평가할 수 있으며, 이때 기본주파수 곡선(F0 contour), 주파수변동률(jitter percent), 진폭변동률(shimmer percent), 소음 대 배음 비율(noise to harmonic ratio) 등의 측정치들이 사용된다.<sup>7</sup>



**Fig. 1.** Maximum phonation time was measured by Multi-speech model 3700. Length of (a) represented duration of maximum phonation time.

구음기관은 성도(vocal tract)의 모양을 조절함으로써 말소리를 만들고, 공명의 특성을 조절하는 기관으로 주로 명료도(intelligibility)와 관계가 깊은 기관이다. 뇌성마비 환아는 허나 입술, 하악의 과도한 긴장이나 불협응으로 인해 발음의 명료도가 저하된다는 보고가 있다. 이러한 조음측면의 음향음성학적 평가는 모음의 제1포먼트(formant), 제2포먼트, 제1포먼트와 기본주파수의 차이 값, 제1포먼트와 제2포먼트를 이용한 모음 삼각도의 넓이를 주로 사용한다.<sup>7</sup>

뇌성마비 환아의 조음장애의 특성은 주로 검사자의 귀를 이용한 지각적 판단에 의해 파악되어져 왔다. 그러나 이는 검사자에 따라 일관성을 유지하기가 어렵고, 정량화가 어려워 치료 효과의 판정이나 경미한 조음장애의 선별검사로서의 효용이 낮다.<sup>8,9</sup> 따라서, 이러한 각각의 단계의 조절 능력에 대한 보다 객관적이고 정량적인 분석을 통해 뇌성마비 환아의 말장애의 특성을 파악하고, 진단 및 치료효과 판정을 위한 기초 자료로 사용하고자 본 연구를 실시하였다.

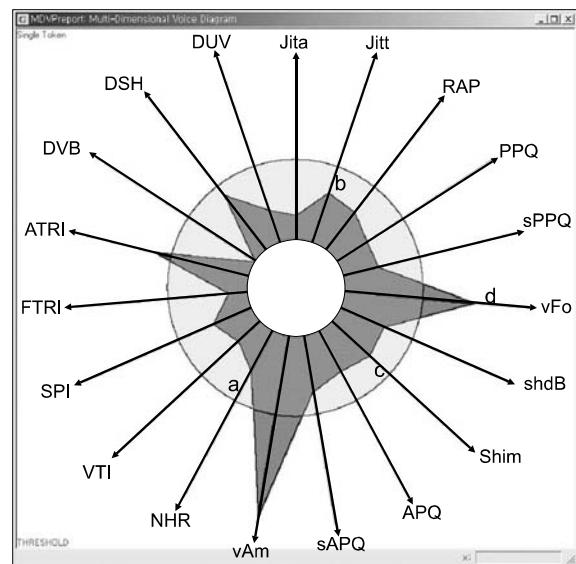
## 연구대상 및 방법

### 1) 연구대상

단어 표현 혹은 문장 표현이 가능한 경직형 양지마비 뇌성마비 아동군 26명과 정상 아동군 17명을 포함한 총 43명을 대상으로 하였다. 경직형 양지마비 뇌성마비 아동군의 평균 연령은  $4.0 \pm 1.4$ 세(2세 6개월~7세 4개월)였고 남아 15명, 여아 11명이었으며, 전신 운동기능 분류 시스템(Gross Motor Function Classification System)상 단계 I, II, III에 해당하는 환아들로 각각 9명, 7명, 10명씩이었다. 정신지체 진단을 받아 기본적인 검사에 협조가 불가능한 환아나, 시력이나 청각장애가 있는 환아, 그리고 심한 조음장애로 인해 3 가지 모음을 구별해서 발음할 수 없는 환아는 대상에서 제외하였다. 정상 아동군의 평균 연령은  $4.0 \pm 1.7$ 세(2세 4개월~7세 1개월)였으며, 남아 10명, 여아 7명이었다. 두 군 간의 연령은 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $p > 0.05$ ).

### 2) 방법

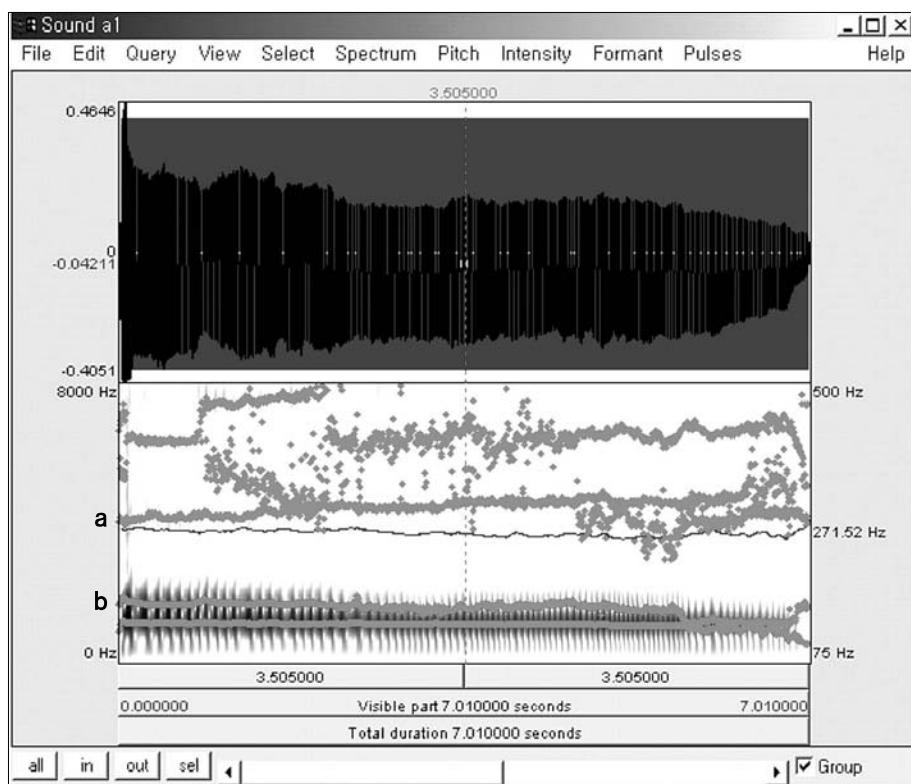
검사자는 모음 /아/, /이/, /우/를 직접 발성해서 시범을 보인 후, 아동이 앉은 상태에서 가능한 길게 발성하도록 지시하고 이를 각 모음별로 3회에 걸쳐 시행하였다. 이렇게 발성된 음성은 컴퓨터에 연결된 마이크를 통해 직접 녹음하-



**Fig. 2.** Diagram was derived from Multi-dimensional voice program (MDVP) model 5105. The lightly shadowed circle partly visible in the illustration represents normative values for each parameter (may not be appropriate for subjects of different ages). (a) Represents value of noise to harmony ratio. (b) Represented value of jitter percent. (c) Represents value of shimmer percent. (d) Represents value of fundamental frequency.

였다. 이렇게 수집된 음성 파일로 음향음성학적 분석을 실시하였다. 음향음성학적 평가 수단 중 본 연구에서는 최대 연장발성지속시간을 측정하기 위해 Multi-speech model 3700 (KayPENTAX™, Lincoln Park, USA)(Fig. 1)을 사용하였다. 또한 다목적 분석이 가능하고, 소아 말장애 평가에 주로 쓰여지는 MDVP (Multi-Dimensional Voice Program) model 5105 (KayPENTAX™, Lincoln Park, USA)(Fig. 2)를 사용하여 분석 가능한 33가지의 음성 측정치 중 기본주파수, 주파수변동률, 진폭변동률, 소음 대 배음 비율을 분석하였다. 모음의 조음 능력을 평가할 수 있는 포먼트의 분석을 위해서는 Praat™ (Fig. 3)을 사용하였다.

통계적인 분석은 SPSS 통계 프로그램(version 12.0)을 이용하였으며, 뇌성마비 아동군과 정상 아동군 두 집단의 각 측정치의 평균과 표준편차를 구했고, 집단 간의 차이가 유의미한 차이가 있는지 확인하기 위해 집단 내 요인(within-subjects factor)으로 ‘모음의 종류(types of vowels)’(/아/, /이/),



**Fig. 3.** Formants were measured by Pratt™. Each thick lines of (a) and (b) represent estimates of the 1st formant and 2nd formant.

/우/), 집단간 요인(between-subjects factor)으로 ‘대상군의 유형’(노성마비환아, 정상아)을 가지고 반복측정 분산분석(ANOVA for repeated measures)을 시행하였고, 유의수준은 0.05 미만인 경우 통계학적 유의성을 갖는 것으로 하였다.

## 결 과

최대연장발성지속시간은 교호작용(interaction)이 없는 것으로 나타났고( $F=0.92$ ;  $p>0.05$ ), 모음의 종류에 영향을 받지 않았으며( $F=2.22$ ;  $p>0.05$ ), 모든 모음에 있어서 노성마비 환아군이 정상 대조군에 비해 최대연장발성지속시간이 짧은 결과를 보였다( $F=22.07$ ;  $p<0.05$ ).

주파수변동률은 교호작용이 있는 것으로 나타나서( $F=5.33$ ;  $p<0.05$ ), 모음의 종류나 대상군의 유형에 따른 영향을 통계적으로 검증할 수 없었다.

진폭변동률은 교호작용이 없는 것으로 나타났고( $F=0.78$ ;  $p>0.05$ ), 모음의 종류에 영향을 받았으며( $F=15.24$ ;  $p<0.05$ ), /아/, /이/, /우/ 순으로 진폭변동률의 측정치가 높았고( $p<0.05$ ), 노성마비 환아군이 정상 대조군에 비해 높은 값을 보였다( $F=5.535$ ;  $p<0.05$ ).

소음 대 배음 비율은 교호작용이 없는 것으로 나타났고( $F=1.28$ ;  $p>0.05$ ), 모음의 종류에 영향을 받았으며( $F=10.275$ ;  $p<0.05$ ), /아/가 가장 높은 측정치를 보였고, /이/와 /우/ 간에는 크기의 차이가 없었다. 노성마비 환아군에서 정상아에

비해 높은 값을 보이고 있었으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다( $F=1.75$ ;  $p>0.05$ ).

기본주파수는 교호작용이 없는 것으로 나타났고( $F=0.37$ ;  $p>0.05$ ), 모음의 종류에 영향을 받았으며( $F=4.822$ ;  $p<0.05$ ), /우/, /이/, /아/ 순으로 측정치가 높았다. 대상군의 유형에 따라서는 영향을 받지 않았다( $F=0.986$ ;  $p>0.05$ ).

제1포먼트와 제2포먼트는 각각 교호작용이 없는 것으로 나타났고( $F_1: F=1.75$ ;  $p>0.05$ ;  $F_2: F=0.22$ ;  $p>0.05$ ), 모음의 종류에 따라서는 유의하게 영향을 받았으며( $F_1: F=360.44$ ;  $p<0.05$ ;  $F_2: F=284.23$ ;  $p<0.05$ ), 제1포먼트는 /아/, /우/, /이/ 순으로 측정치가 높았고( $p<0.05$ ), 제2포먼트는 /이/, /아/, /우/ 순으로 측정치가 높았다( $p<0.05$ ). 대상군의 유형에 따라서는 영향을 받지 않았다( $F_1: F=1.74$ ,  $p>0.05$ ;  $F_2: F=0.036$ ,  $p>0.05$ )(Table 1).

## 고 찰

음향음성학적 평가는 조음장애의 유용한 평가 도구이다. 이는 조음장애가 말 산출을 담당하는 여러 하위 조직의 기질적이거나 잠재된 이상에 의한 복합적 장애이기 때문에 지각적 평가만으로는 이를 가려내기 어렵기 때문이며, 음향음성학적 평가는 이러한 하위 체계(subsystem)에 대한 정량적 분석을 가능케 함으로써 지각적 평가의 보조 수단으로 그 가치를 인정받고 있다.<sup>7</sup>

**Table 1.** Comparison of Acoustic Analysis Parameters between Cerebral Palsy and Normal Children Groups

		Cerebral Palsy	Normal
Maximum phonation time (sec)	/a/	2.52±2.72*	6.62±5.09*
	/i/	3.00±4.35*	5.65±4.01*
	/u/	2.80±3.14*	5.77±4.42*
Jitter percent (%)	/a/	1.97±1.42	1.09±0.89
	/i/	1.92±1.25	1.38±1.10
	/u/	1.58±1.37	1.44±0.85
Shimmer percent (%)	/a/	6.03±5.43*†	4.13±2.18*†
	/i/	4.28±2.17*†	3.07±1.97*†
	/u/	3.02±1.67*†	3.01±2.09*†
Noise to harmonic ratio	/a/	0.20±0.14†	0.14±0.04†
	/i/	0.16±0.09†	0.14±0.03†
	/u/	0.14±0.04†	0.13±0.04†
Fundamental frequency (Hz)	/a/	320.80±75.61†	295.37±34.23†
	/i/	333.89±54.15†	321.52±48.84†
	/u/	335.14±58.24†	324.74±56.77†
1st formant (Hz)	/a/	1,229.73±205.80†	1,179.29±143.21†
	/i/	465.64±139.28†	465.73±106.85†
	/u/	599.94±155.61†	510.28±124.23†
2nd formant (Hz)	/a/	1,952.27±331.88†	1,890.46±266.78†
	/i/	3,124.29±549.13†	3,161.39±294.23†
	/u/	1,238.08±373.64†	1,209.50±334.94†

Values are mean±standard deviation.

\*p<0.05: significant effect of group condition (CP or normal), †p<0.05: significant effect of vowel types

그러나 음향음성학적 평가를 통해 특정 뇌성마비 하위 유형을 대상으로 한 연구는 많이 이루어지지 않은 상태이고, 그 중에서도 특히 경직형 양지마비 환아를 대상으로 한 연구는 수적으로도 제한되어 있고 그 결과도 일관되게 보고되고 있지 않는 실정이다.

또한 지금까지의 연구는 주로 /아/ 모음의 발성만을 가지고 진행되어 왔다.<sup>10,11</sup> 반면에 이번 연구에서는 /아/, /이/, /우/ 세 가지 모음을 사용했다. 이는 /아/는 저모음, 평순모음, 중설모음이고, /이/는 고모음, 평순모음, 전설모음이며, /우/는 고모음, 원순모음, 후설모음이므로,<sup>12</sup> 이 모음들이 다양한 위치에서의 구음기관의 운동을 반영함으로써 폭넓은 주파수 범위에서의 모음 발성의 특성까지 반영할 수 있기 때문이다.<sup>13-15</sup>

이번 연구 결과에서 최대연장발성지속시간은 모음의 종류와 대상군의 유형을 가지고 시행한 반복측정 분산분석에서 뇌성마비 환아군에서 대조군에 비해 짧은 것으로 나타났다. 뇌성마비 환아는 비정상적인 근긴장도와 불협응으로 인해 발성하는 동안 호흡근의 활동 패턴에 영향을 받게 되고, 이로 인해 음절당 호기량이 증가되어 음절길이가 짧아지거나 다음절 발화가 줄어드는 현상이 나타나기도 한다.<sup>16</sup> 이러한 호흡 및 발성체계의 이상의 평가를 위해 최대연장

발성지속시간의 측정이 많이 사용되어 왔으며, 뇌성마비 환아군에서 최대연장발성지속시간이 짧게 나타나는 것은 이전의 연구와도 일치하는 것으로 이는 보다 짧은 어절의 발화, 문장 발화 시 운율상의 불규칙성, 음질의 저하 등을 보이는 원인이 된다.<sup>17,18</sup> 이후의 연구에서는 폐기능 검사 등을 병행함으로써 일반적인 호흡 기능과 언어병리학적인 측면에서의 호흡 조절능력의 상관관계를 살펴보는 것이 임상에서의 선별검사로써 이의 가치를 알아보는 데 도움이 될 것으로 보인다.

MDVP를 사용해서 분석 가능한 33가지의 측정치는 크게 기본주파수에 대한 측정치들, 주파수의 변동에 대한 측정치, 진폭의 변동에 대한 측정치, 소음과 멜림에 대한 측정치, 그리고 음성의 불규칙성에 대한 측정치 등으로 구분할 수 있다. 이중에서 뇌성마비 환아들의 음향음성학적 평가에 주로 쓰이는 것이 각각 기본주파수, 주파수변동률, 진폭변동률, 소음 대 배음 비율이다.<sup>5</sup> 이는 이러한 측정치들이 비교적 짧은 간격 동안의 변화율을 측정하는데, 이점이 성인에 비해 주의집중시간과 발성지속시간이 짧은 아동들의 음성 분석에 유용하기 때문이다.<sup>19</sup> 이러한 4가지 측정치는 모두 발성 및 음질에 대한 평가를 위한 도구로써 발성과 관련된 후두기능의 평가를 위해 주로 쓰이는 객관적인 측

정치이다.<sup>5,7</sup> 주파수변동률은 음파의 각 주기(period)가 일정하지 않고 불규칙한 정도를 산정하는 측정치이다. 진폭변동률은 음파의 진폭들이 일정하지 않고, 크고 불규칙한 정도를 계산한 것이다. 소음 대 배음 비율은 분석되는 음성의 배음의 에너지에 대한 비정상 배음의 에너지 비를 나타내는 것이다.<sup>19</sup> 주파수변동률, 진폭변동률, 소음 대 배음 비율이 낮은 수치의 음성은 지각적 평가에서는 ‘맑은 음성’, ‘소음성이 없는 음성’ 등으로 느껴진다.<sup>5</sup> 본 연구에서 주파수변동률은 교호작용이 있는 것으로 나왔으며, 이는 두 군 간에서 모음의 종류에 따른 주파수변동률의 변화 양상이 다르다는 의미로 모음의 종류나 대상군의 유형에 따른 영향을 통계적으로 검증할 수 없었다. 진폭변동률은 뇌성마비 환아군에서 유의하게 증가되어 있었다. 소음 대 배음 비율은 유의하진 않았지만 뇌성마비 환아군에서 증가된 양상을 보였다. 따라서 이러한 측정치들이 높게 나온 것은 뇌성마비 아동의 후두 수준에서의 불충분한 조절 능력으로 인한 불안정한 음성 양상을 반영하는 것으로 볼 수 있다.<sup>19,20</sup>

기본주파수(fundamental frequency, F0)는 주기적인 음성 신호 중 가장 낮은 주파수를 일컫는 것으로 첫 번째 배음이라고도 한다. 지각적 현상으로는 기본주파수가 높으면 고음으로 들리고, 낮으면 저음으로 들리게 된다. 기본주파수는 모음 간에는 유의한 차이가 있었으며 이는 모음의 종류에 따라 다른 기본 주파수가 나타나는데 따른 것으로 이전의 연구와 일치하는 결과이다.<sup>12</sup> 뇌성마비 환아군의 기본주파수가 평균적으로 정상 대조군보다 높은 양상을 나타냈으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 이전 연구에서도 기본주파수의 비교가 신경계 장애 환자의 구음장애를 감별하는데 있어서 효과적이지 못하다고 보고된 바 있다.<sup>7</sup> 이러한 이유로 추후 음성의 불안정성에 대한 장시간 측정치(long term measures of phonatory instability) 중에서 보다 민감하다고 알려진 개인별 기본주파수의 표준편차에 대한 평가를 병행하는 것이 뇌성마비 환아의 후두 기능의 정확한 평가에 도움이 될 것으로 보인다.<sup>20</sup>

포먼트란 성도(vocal tract)의 공명을 말하는 것으로, 말하는 사람의 혀 위치나 입술 모양 등과 같은 성도의 모양에 영향을 받으므로 이를 통해 조음 활동에 대해 추정할 수 있다. 포먼트 주파수는 이론적으로는 무한하지만 모음 분석에서 주로 이용하는 것은 첫 두 개의 공명 주파수인 제1포먼트(F1)와 제2포먼트(F2)이다. 일반적으로 제1포먼트는 혀의 높이와 반비례하고, 제2포먼트는 혀의 전진에 반비례하는 주파수 값을 가지는 상관관계를 가짐으로써 모음의 특징을 나타내는 변인이다.<sup>5,7,19</sup> 본 연구에서도 이전에 알려진 바와 같이 저모음, 후설모음인 /아/는 제1포먼트가 높고, 제2포먼트가 낮게 나타났으며, 고모음, 전설모음인 /이/는 제1포먼트가 낮고, 제2포먼트가 높게 나타났으며, 고모음, 후설모음인 /우/는 제1포먼트가 낮고, 제2포먼트가 낮게 나타났다. 제1포먼트와 제2포먼트는 기본주파수와 마찬가지

로 모음의 종류에 따라서는 유의한 차이가 있었다. 그러나 대상군의 유형에 따라서는 영향을 받지 않는 것으로 나타났는데 이전의 연구에서도 제1포먼트와 제2포먼트는 뇌성마비 환아군과 정상군 사이에서 유의한 차이를 보이기도 하고,<sup>16</sup> 그렇지 못한 결과를 보이기도 했다.<sup>21</sup> 이러한 결과는 경직형 양지마비 뇌성마비 환아군이 정상군과 비슷한 수준의 모음 조음 능력을 가지고 있음을 시사하는 것이며, 경직형 양지마비 환아가 불수의적인 성도의 운동 양상을 나타내는 근긴장곤란증(dystonia), 불수의 운동형 뇌성마비 환아들과 구별되는 점이라고 할 수 있다.<sup>7,22</sup> 포먼트 주파수는 말하는 사람의 성도의 질이에 따라 변하고 이러한 이유로 나이와 성별에 크게 영향을 받으므로, 추후 이에 대한 영향을 고려하는 연구가 보다 정확한 결과를 내는데 도움이 될 것으로 생각한다.

본 연구는 뇌성마비 환아 중 비교적 말산출 능력이 양호하다고 알려진 경직형 양지마비 환자만을 대상으로 했으며, 비슷한 연령의 정상 대조군과의 비교를 통해 대상군의 음향음성학적 특징에 대한 비교적 객관적인 분석이 가능했다. 그러나 개체군의 수가 적어 연령별로 좀 더 세분화하지 못했고, 경직형 양지마비 환자군 내에서도 운동 능력이나 발달 등의 수준이 다양하게 존재했다는 문제가 있었다. 이후의 연구에서는 대상군을 연령별로 또한 기능적인 수준별로 보다 세분화해서 분석을 하거나, 다양한 자음 발성 등에 대한 분석도 함께 시행하는 등의 추가적인 연구가 뇌성마비 환아의 음향음성학적 특징을 정확히 파악하는 데 도움이 될 것으로 생각한다.

## 결 론

26명의 경직형 양지마비 환아군과 17명의 정상 대조군을 대상으로 컴퓨터 음성분석장치를 이용하여 세 가지 모음 발성을 대한 음성 평가를 시행한 결과, 경직형 양지마비 환아군에서 최대연장발성지속시간은 짧아져 있었고, 진폭변동률은 증가되어 있었다. 이는 경직형 양지마비 환아의 호흡조절 능력과 호흡용적이 불충분하고, 후두 조절능력의 제한으로 인해 음질이 불안정한 측면을 반영한 결과로 생각된다. 제1포먼트와 제2포먼트는 두 군 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며, 이는 경직형 양지마비 환아군이 정상 대조군과 유사한 수준의 모음 조음 능력을 가지고 있음을 시사한다고 생각한다.

## 참 고 문 헌

- 1) Lynne MS, Deborah G. Rehabilitation of children and adults with cerebral palsy. In: Braddom RL, editor. Physical medicine & rehabilitation, 2nd ed, Philadelphia: WB Saunders company, 2000, p1191

- 2) O'Dwyer NJ, Neilson PD, Guitar BE. Control of upper way structures during nonspeech tasks in normal and cerebral palsied subjects: EMG finding. *J Speech Hear Res* 1983; 26: 162-170
- 3) Kim YH, Kim WH, Kim HG. A study on acoustic characteristics of dysarthria in relation to the underlying etiology. *J Korean Acad Rehab Med* 1994; 18: 773-779
- 4) Kim WH, Kim YH, Kim HG. Assessment of treatment effect in dysarthric patient using computerized speech analysis system. *J Korean Acad Rehab Med* 1994; 18: 173-177
- 5) Park JE, Park ES, Kim HH. A study of acoustic characteristics of vowels in preschool CP children with spastic diplegia. *Korean J Commun Disord* 2004; 9: 116-128
- 6) Ahn HY. Assessment of Voice, 1st ed, Seoul: Jin Soo, 1992
- 7) Kent RD, Weismier G, Kent JF, Vorperian HK, Duffy JR. Acoustic studies of dysarthric speech: methods, progress, and potential. *J Commun Disord* 1999; 32: 141-186
- 8) Darley FL, Aronson AE, Brown JR. Motor speech disorders, 1st ed, Philadelphia: WB Saunders company, 1975, pp129-149
- 9) Darley FL, Aronson AE, Brown JR. Differential diagnostic patterns of dysarthria. *J Speech Hear Res* 1969; 12: 246-269
- 10) Baken RJ. Clinical measurement of speech and voice, 1st ed, Needham Heights: Allyn and Bacon, 1987, pp125-196
- 11) Hirano M. Clinical examination of voice, 1st ed, Vienna: Springer- Verlag, 1981, pp66-78
- 12) Kilic MA, Ogut F, Dursun G, Okur E, Yildirim I, Midilli R. The effects of vowels on voice perturbation measures. *J Voice* 2004; 18: 318-324
- 13) Horii Y. Vocal shimmer in sustained phonation. *J Speech Hear Res* 1980; 23: 202-209
- 14) Sussman JE, Sapienza C. Articulatory, developmental, and gender effects on measures of fundamental frequency and jitter. *J Voice* 1994; 8: 145-156
- 15) Wilcox KA, Horii Y. Age and changes in vocal jitter. *J Gerontol* 1980; 35: 194-198
- 16) Sim HS, Park JE. A study of the vowel production ability of cerebral-palsied children. *Korean J Commun Disord* 1998; 3: 68-83
- 17) Lee CK, Kim EK. Respiration patterns and abdominal muscle activities during speech production in athetoid cerebral-palsied patients. *J Korean Acad Rehab Med* 1999; 23: 926-932
- 18) Wit J, Maassen B, Gabreels FJ, Thoonen G. Maximum performance tests in children with developmental spastic dysarthria. *J Speech Hear Res* 1993; 36: 452-459
- 19) Campisi P, Tewfik TL, Pelland-Blais E, Husein M, Sadeghi N. MultiDimensional Voice Program analysis in children with vocal cord nodules. *J Otolaryngol* 2000; 29: 302-308
- 20) Zwirner P, Murry T, Woodson GE. Phonatory function of neurologically impaired patients. *J Commun Disord* 1991; 24: 287-300
- 21) Lee OB, Park SH, Chung OR. The acoustic characteristics of vowels in the patients with spastic dysarthria. *J Speech Hear Disord* 2002; 8: 171-177
- 22) Gerrat BR. Formant frequency fluctuation as an index of motor steadiness in the vocal tract. *J Speech Hear Res* 1983; 26: 297-304