

## 심도 청각장애 아동의 발성특성: 강도, 음도 및 그 변동률을 중심으로<sup>1)</sup>

### The Phonatory Characteristics of Voice in Profoundly Hearing-Impaired Children: with Reference to F0, Intensity, and their Perturbations

최 은 아<sup>2)</sup> · 박 한 상<sup>3)</sup> · 성 철 재<sup>4)</sup>

Choi, Eunah · Park, Hansang · Seong, Cheoljae

#### ABSTRACT

This study investigates the differences in mean F0, intensity, jitter, and shimmer across hearing aid, gender, and vowels. For this study, 18 hearing-impaired children, 18 cochlear implanted children, and 18 normal hearing children as a control group were asked to read seven Korean vowels (/a, ʌ, o, u, ɯ, i, ɛ/). Subjects' readings were recorded by *NasalView* and analyzed by *Praat*. Results showed that the means of F0 were significantly higher in the hearing impaired group than in the normal hearing group; in the female group than in the male group; and in high vowels than in low vowels. Second, intensity was significantly higher in the hearing impaired group than in the normal hearing group; in the female group than in the male group; and in low vowels than in high vowels. Third, jitter was significantly higher in the normal hearing group than in the hearing impaired group; in the female group than in the male group; and in back vowels than in front vowels. Finally, shimmer was significantly higher in the CI group than in the normal hearing group or the hearing aided group; in the male group than in the female group; and in low vowels than in high vowels.

**Keywords:** Mean F0, intensity, jitter, shimmer, profound hearing loss, children

#### 1. 서론

정상적인 언어발달 과정에 있는 아동의 경우 8세 정도에는 모국어의 분절음과 대부분의 초분절적 요소들을 습득하며 11세에서 12세 무렵에는 발화 속도와 같은 초분절음의 발달이 성인 수준에 도달한다(이현복 외, 1998). 그리고 이러한 모든 과정은 듣기를 통해 이뤄진다. 선행연구에 의하면 정상청력 유아는 출생 초기에 이미 조음 방법에 따른 자음 구별 뿐 아니라 파열음 안에서의 유, 무성 차이 구별 등 말소리를 세밀하게 구별할 수 있으며(Eimas, 1975; Eimas & Tartter, 1979) 중추신경에 결함이 있어도 말소리의 초분절적인 양상을 지각할 수 있다(Yoshinaga-

Itano, 2000). 그러므로 경도(mild)의 청력손실만 있어도 아동은 생후 초기 동안 소리에 대한 경험과 처리 등 정상적인 듣기발달에 방해를 받을 수 있으며(Yoshinaga-Itano, 2000) 듣기발달의 결함으로 인해 말(speech)과 언어(language)발달에도 영향을 받을 수 있다.

말과 관련하여 심도 이상의 청각장애인은 음도(pitch), 강도(intensity), 음질(voice quality), 음성조절 능력(flexibility) 등에서 정상청력인과는 다른 발성특성을 보여, 지나치게 높은 음도, 너무 크거나 작은 강도, 거칠고 쥐어짜는 듯한 음질, 음도와 강도의 자연스런 조절 능력 결여 등이 나타난다(윤미선, 2004; 허명진, 1997; Boone *et al.*, 2005; Lee *et al.*, 1997).

청각장애인들의 음성 특성은 현재의 청력 수준 뿐 아니라 보청기 착용이나 인공와우 이식 등을 통해 청력이 회복된 연령에 따라 달라진다. Hocevar-Boltezar *et al.*(2006a)은 인공와우를 착용한 2세 5개월에서 13세의 선천성 청각장애 아동에 대해 인공와우 이식 전과 이식 후 6개월, 12개월, 24개월 집단으로 나누어 /a/ 모음의 기본주파수(F0), 주파수변동률(jitter), 진폭변동률(shimmer), 배음대소음비율(HNR) 등을 측정하여 4세 이전과 이

1) 본 연구는 최은아의 박사학위논문의 일부를 발췌한 것임.

2) 대전소리와우케어넷 eunah-choi@hanmail.net

3) 홍익대학교 phans@honik.ac.kr

4) 충남대학교 cjseong@cnu.ac.kr 교신저자

접수일자: 2010년 2월 12일

수정일자: 2010년 3월 23일

게재결정: 2010년 3월 24일

후에 인공와우를 이식 받은 아동을 비교하였다. 그 결과, 인공와우 이식 직후에는 기본주파수가 유의미하게 변하지 않았지만 인공와우 이식 후 6개월이 채 안되어 주파수변동률과 진폭변동률이 감소되었고 소음대배음비율은 이식 후 24개월이 지나 감소되었다. 4세 이전에 이식을 받은 아동의 경우 주파수변동률과 진폭변동률은 이식 후 6개월 이전에, 소음대배음비율은 이식 후 12개월 이전에 유의미한 차이를 보였으나 4세 이후에 인공와우 이식을 받은 아동은 기본주파수는 이식 후 12개월이 지나서, 주파수변동률과 진폭변동률은 이식 후 24개월이 지나서 차이가 발견되었다.

또한 음성특성은 청력 수준이 향상된 후 보청기나 인공와우를 사용하고 적응한 기간에도 영향을 받는다. Cerçi *et al.*(2006)은 37개월에서 128개월의 선천성 청각장애 아동 60명을 대상으로 언어습득 이전에 청력손실이 발생한 아동의 음성 발달에 인공와우 이식이 끼치는 영향을 살펴보았다. 대상자들은 48개월을 기준으로 두 집단으로 나누고 인공와우 사용 기간은 18개월을 기준으로 나누어 첫 매핑했을 때와 매핑하고 6개월 후 /a/ 모음의 기본주파수 변화를 살펴본 결과, 48개월 이전 아동은 정상청력 아동과 기본주파수에서 유의미한 차이가 없었으나 48개월 이후 아동은 정상청력 아동과 기본주파수에서 유의미한 차이가 있었다. 그리고 18개월 이상 인공와우를 사용한 아동은 기본주파수가 거의 정상 수준이었다.

음성특성은 청력이 언어습득 이전에 손실되었는지 언어습득 이후에 손실되었는지와 같은 청력손실 시기에도 영향을 받는다. Hocevar-Boltezar *et al.*(2006b)은 언어습득 이전에 청력 손실이 발생한 아동 21명과 언어습득 이후 청력 손실이 발생한 성인 11명을 대상으로 인공와우 이식 전, 이식 후 6개월, 12개월에 /a/ 모음에 대한 기본주파수, 주파수변동률, 진폭변동률, 장구간 음도변이, 장구간 강도변이 등을 측정하였다. 그 결과 청각장애 아동 집단은 인공와우 이식 후 6개월과 12개월에 발성 조절 능력이 유의미하게 향상되었으나 청각장애 성인 집단은 인공와우 이식 후 모든 음성 변수들에서 유의미한 차이를 보이지 않았다. 그리고 청각장애 아동과 성인 모두 기본주파수는 인공와우 이식 후에도 거의 변화를 보이지 않았다.

음도, 강도, 음질은 주로 기본주파수, 강도, 주파수변동률, 진폭변동률, 배음대소음비율, 성대 접촉률 등의 측정을 통해 분석한다. 주파수변동률과 진폭변동률은 성대진동의 주기성을 객관적으로 측정하는 것으로 기본주파수와 함께 성대의 물리적 상태를 수치화한 것이다. 이 변수들의 변동을 일으키는 원인은 근육 긴장도의 차이, 성대 점막의 변화로 인한 성대 구조의 비대칭성, 성문폐쇄의 정도에 따른 기류의 불규칙성 및 불안정적인 조음기관의 움직임 등이 있다(Ferrand, 2007).

본 연구에서는 5세 이후 인공와우 이식을 받아 3년 이상 인공와우를 착용하고 있는 심도 청각장애 아동과 3세 이후 보청기를 처방받고 3년 이상 보청기를 착용하고 있는 심도 청각장

애 아동, 그리고 정상청력 아동의 모음의 기본주파수, 강도, 주파수변동률, 진폭변동률 등을 음향학적으로 분석하였다. 이러한 변수들은 성대의 특성을 반영하는 가장 대표적인 변수들로 음성장애 환자의 성대 상태를 잘 설명해준다(Hall, 1995; Ward, 1990; Chen, *et al.*, 2002; Campisi, *et al.*, 2006). 앞서 언급한 선행연구들은 Cerçi *et al.*(2006)를 제외하고는 인공와우 이식 전후, 인공와우 이식 연령, 청력손실 시기 등에 따라 음성 변수들이 어떻게 달라지고 있는지에 대해 청각장애 집단 간에 비교하고 분석하였다. 그리고 주파수변동률, 진폭변동률, 배음대소음비율 등이 감소하였다고는 하나 첫 평가 시 변수들의 측정치가 정상범위에 있었는지 정상범위를 벗어났는지 언급하고 있지 않다. 기본주파수에 대해서도 청력수준이 향상되었음에도 불구하고 기본주파수의 변화가 없다는 보고도 있고, 정상수준이었다는 보고도 있다. 그러므로 본 연구에서는 이 변수들을 측정하여 인공와우 아동과 보청기 아동의 발성특성이 다르게 나타나는지 살펴보고 이 변수들이 성대에 결함이 없는 청각장애 아동의 발성특성을 설명하는 데에도 적절한지 살펴보았다.

## 2. 연구방법<sup>5)</sup>

### 2.1 연구 대상

본 연구는 대전, 충청권에 거주하는 인공와우 아동 18명(평균연령 10세 11개월), 보청기 아동 18명(평균연령 12세 1개월), 정상청력 아동 18명(평균연령 10세 5개월)을 대상으로 실시하였다. 각 집단은 남녀 각각 9명으로 구성되어 있으며 기본주파수는 변성 전과 후에 크게 달라지므로 12세를 기준으로 청지각적으로 음도가 낮다고 판단된 남아 5명과 여아 4명은 변성기 이후 집단으로, 나머지 남아 4명과 여아 5명은 변성기 이전 집단으로 각각 나누어 분석하였다. 인공와우 아동은 모두 5세 이후에 인공와우를 이식받고 착용 기간이 3년 이상인 선천성 청각장애 아동이었다. 인공와우 이식 전의 평균청력은 약 96.1 dB였고 인공와우 이식 후의 평균청력은 약 36.7 dB였다. 보청기 아동의 경우 보청기를 착용하지 않은 상태에서의 평균청력은 약 92.8 dB였고, 보청기를 착용한 상태에서의 평균청력은 약 52.8 dB였다. 모음의 조음 오류로 인해 측정치가 달라지는 것을 방지하기 위해 연구자 중 1인이 대상 아동에 대해 /아, 어, 오, 우, 으, 이, 애, 에, 외, 위/ 등 10개 모음에 대해 조음정확도를 측정하였다. 인공와우 아동과 보청기 아동의 10개 모음에 대한 조음 정확도의 평균은 각각 99.4 %와 88.9 %로 인공와우 아동과 보청기 아동 중 몇몇 아동이 /위/와 /외/를 단모음화하거나 /에/를 /애/로 발음한 것을 제외하고는 모두 정조음되었다. 인공와우 아동들은 모두 구화만으로 의사소통을 하였으며 보청기 아동들은 구화와 수화로 의사소통을 하는 선천성 심도 청각장

5) 본 연구의 대상자와 녹음방법 및 레이블링 방법은 최은아(2010)와 동일하다.

애인이었다. 정상청력 아동의 경우 청력검사나 언어평가를 실시하지는 않았으나 부모들이 청력에 이상이 없고 언어와 음성 에 문제가 없다고 보고하였고 연구자와의 상담 시 듣기나 말, 언어에 문제가 없는 것으로 판단된 아동들이었다. 보청기 아동 과 인공와우 아동 아동에 대한 자세한 정보는 <표 1>과 <표 2> 에 제시되어 있다.

표 1. 인공와우 이식 아동 정보

Table 1. Information of Subjects with Cochlear Implant

ID	성별	연령 (세)	청력(dB)		모음 정확도 (%)	CI 착용 기간 (년)	
			교정 전	교정 후			
1	OSY	여	6	90	35	100	3
2	LJH	여	7	100	40	100	4
3	MHJ	남	8	100	30	100	4
4	JSH	여	8	100	40	100	4
5	SYJ	여	9	95	35	100	4
6	HJY	남	9	100	40	100	4
7	KHY	남	10	100	45	100	3
8	KCY	남	8	100	45	100	4
9	PJH	여	9	100	40	100	3
10	JJS	남	12	90	30	100	4
11	JJH	여	11	90	35	100	6
12	MJW	남	11	90	30	100	6
13	CIH	남	11	95	35	100	3
14	PBS	남	11	95	35	100	3
15	PBJ	남	12	100	40	90	3
16	HHS	여	13	95	30	100	4
17	KH	여	13	100	45	100	3
18	KBM	여	14	90	30	100	4
평균			10.1	96.11	36.67	99.44	3.8

표 2. 보청기 착용 아동 정보

Table 2. Information of Subjects with Hearing Aids

ID	성별	연령 (세)	청력( dB)		모음 정확도 (%)	HA 착용 기간 (년)	
			교정 전	교정 후			
1	SSY	여	6	90	55	80	3
2	KMJ	여	7	95	60	80	3
3	NYE	여	9	95	60	80	4
4	LYC	남	10	100	65	90	4
5	KMK	여	10	90	55	90	5
6	JEH	여	10	95	50	90	6
7	KJW	남	11	90	45	100	7
8	KHG	남	11	90	40	100	8
9	SGW	남	11	100	60	90	7
10	MHS	남	12	95	55	90	9
11	YIH	남	12	100	55	80	8
12	LHL	여	12	100	60	90	7
13	LYW	남	13	95	50	90	10
14	KGW	남	15	95	50	90	11
15	KYH	여	15	90	45	80	10
16	YDA	여	15	90	50	100	10
17	LMS	여	16	90	40	80	11
18	KHB	남	16	95	40	100	13
평균			11.7	94.17	51.94	88.89	7.6

2.2 자료 수집

대상 아동들은 조용한 치료실에서 NasalView 헤드마이크를 착용하고 비성도를 측정하기 위해 무작위로 5회씩 반복 제시된 /이, 애, 아, 어, 오, 우, 으/ 7개 모음을 읽었고 NasalView를 통해 두 채널로 음성을 녹음하였다. 기본주파수, 강도, 주파수변동률, 진폭변동률을 구하기 위해, 녹음된 음성을 Praat을 통해 모노(mono)로 변환하여 분석하였으며 저장된 음성의 표본추출율은 22,050 Hz였고 양자화는 16 bit였다. F1, F2, F3, F4가 처음으로 모두 나타나는 시점과 마지막으로 모두 나타나는 시점을 각각 모음의 시작과 종료 시점으로 설정하고 Praat으로 레이블링하였다.

주파수변동률은 어떤 주기  $t_i$ 와 좌우로 인접한 두 주기  $t_{i-1}$ 과  $t_{i+1}$ 의 평균을 구한 후 구해진 평균과 어떤 주기  $t_i$ 의 차이 의 절대값 평균을 구하고 그 절대값 평균을 주기 전체의 평균 으로 나누어 구하며<sup>6)</sup> 진폭변동률은 인접한 두 주기  $t_i$ 와  $t_{i+1}$ 의 진폭차의 절대값 평균을 구한 후 그 절대값 평균을 주기 전체의 진폭 평균으로 나누어 구한다<sup>7)</sup>.

기본주파수는 25 ms 간격으로 피치(pitch)포인트 값을 측정하여 그 평균값을 취하였다. 먼저, 피치영역 하한값을 각각 75 Hz, 150 Hz, 225 Hz로 설정하고 500 Hz를 피치영역 상한값으로 설정하여 피치 값을 계산한다. 세 경우 모두 일치된 값이 나타나면 그 값을 기본주파수로 설정한다. 하지만 세 경우 현저히 다른 두 가지 이상의 값이 나타나면 피치영역 설정을 변화시키면서 확인하고 동시에 청취적으로 판단하여 기본주파수 값을 정한다. 둘째, 피치반감(pitch halving)<sup>8)</sup>이나 피치배증(pitch doubling)<sup>9)</sup>으로 인한 오류를 제거하기 위해서 위의 방법으로 측정된 기본주파수 값에 3/4을 곱한 값을 피치 하한값으로, 3/2을 곱한 값을 피치 상한값으로 설정하여 다시 측정된 피치의 평균 값을 각 모음의 최종적인 F0 평균값으로 정하였다.

2.3 통계 방법

본 연구에서는 청각장애 집단과 정상청력 집단 사이의 차이 들이 통계적으로 유의미한지 알아보기 위하여 기본주파수, 강도, 주파수변동률, 진폭변동률 등을 종속변수로 하고 장애, 성별, 모음을 독립변수로 하여 일변량삼원분산분석(3-way ANOVA)을 실시하였다. 유의 수준은 0.05였으며 Tukey's HSD를 이용하여 사후 분석을 실시하였다.

6) MDVP에서는 이 변수를 PPQ라고 하며 병리적인 역치를 0.84 %로 제시하고 있다(Boersma & Weenink, 2009).

7) MDVP에서는 이 변수를 Shim이라 하며 병리적인 역치를 3.180 %로 제시하고 있다(Boersma & Weenink, 2009).

8) 피치를 검출하는 과정에서 신호의 피치 주기를 실제보다 긴 것으로 예상하여, 측정된 F0가 실제의 F0의 반이 되는 것을 일컫는다(박한상, 2007).

9) 피치를 검출하는 과정에서 피치 주기의 반을 한 주기로 잘못 인식하여, 측정된 F0가 실제의 F0의 두 배가 되는 것을 일컫는다(박한상, 2007).

3. 연구 결과

장애, 성별, 모음에 대한 집단 간 기본주파수(F0)와 강도의 평균과 표준편차를 <표 3>에 제시하였다.

3.1 집단 간 기본주파수와 강도

표 3. 장애, 성별, 모음 별 기본주파수의 평균과 표준편차

Table 3. Mean and standard deviation of F0 and intensity across handicap, gender, and vowels

장애	성별	모음	변성기 이전 아동의 F0(Hz)			변성기 이후 아동의 F0(Hz)			강도(dB)		
			N	평균	표준편차	N	평균	표준편차	N	평균	표준편차
NH	남	이	20	208.13	11.06	25	197.98	45.96	45	62.50	7.10
		애	20	204.65	11.57	25	194.92	44.52	45	64.46	7.17
		아	20	202.71	12.45	25	193.77	43.46	45	65.78	7.06
		어	20	205.06	12.88	25	193.94	44.09	45	65.69	6.34
		오	20	208.77	11.84	25	197.18	44.31	45	65.23	7.29
		우	20	210.46	9.26	25	198.02	44.55	45	63.59	7.89
		으	20	207.75	8.50	25	198.66	45.08	45	64.27	6.92
	합계	140	206.79	11.23	175	196.35	43.84	315	64.50	7.14	
	여	이	25	249.00	32.88	20	213.05	19.50	45	61.89	8.30
		애	25	242.91	32.24	20	208.54	21.21	45	63.55	9.04
		아	25	241.99	30.33	20	207.84	20.94	45	64.71	8.59
		어	25	243.90	35.13	20	205.74	21.23	45	65.72	8.32
		오	25	241.91	33.48	20	210.59	24.18	45	64.66	9.26
		우	25	248.89	34.65	20	212.46	21.45	45	62.56	8.26
으		25	246.55	35.78	20	210.39	21.17	45	64.24	8.93	
합계	175	245.02	33.09	140	209.80	21.09	315	63.90	8.69		
HA	남	이	20	260.09	39.78	25	214.69	70.78	45	67.97	4.95
		애	20	259.39	40.55	25	197.95	69.67	45	69.57	4.37
		아	20	260.83	46.35	25	200.08	73.19	45	71.11	4.24
		어	20	254.61	37.07	25	196.01	68.84	45	70.77	4.83
		오	20	263.06	45.57	25	203.34	68.79	45	71.41	4.65
		우	20	259.35	50.22	25	212.54	70.55	45	69.07	5.49
		으	20	259.52	40.80	25	211.64	71.89	45	68.26	5.26
	합계	140	259.55	42.43	175	205.18	69.68	315	69.74	4.97	
	여	이	25	269.01	23.99	20	230.22	39.30	45	71.75	4.91
		애	25	264.17	31.00	20	223.01	26.08	45	72.41	3.71
		아	25	264.44	32.28	20	214.49	23.46	45	72.51	4.22
		어	25	264.36	33.77	20	217.30	20.90	45	73.22	4.00
		오	25	258.32	28.85	20	219.79	24.16	45	72.51	4.13
		우	25	266.84	32.09	20	228.11	38.28	45	71.97	4.77
으		25	272.74	29.88	20	233.21	42.58	45	72.19	4.79	
합계	175	265.70	30.04	140	223.62	31.60	315	72.37	4.35		
CI	남	이	20	255.41	49.51	25	235.58	46.62	45	65.63	4.51
		애	20	246.40	44.86	25	220.87	44.76	45	67.57	3.17
		아	20	238.11	43.41	25	219.02	40.79	45	69.07	3.48
		어	20	240.83	41.58	25	214.54	45.24	45	69.92	4.16
		오	20	244.56	40.43	25	218.36	48.12	45	69.02	3.63
		우	20	245.72	42.37	25	224.04	45.18	45	67.74	3.69
		으	20	235.66	41.28	25	234.45	38.66	45	67.61	3.76
	합계	140	243.81	42.92	175	223.84	44.19	315	68.08	3.98	
	여	이	25	293.80	36.18	20	291.65	59.30	45	66.89	6.92
		애	25	286.19	34.20	20	293.39	63.23	45	69.29	5.89
		아	25	276.50	29.47	20	267.21	46.78	45	71.91	5.38
		어	25	272.20	41.35	20	280.42	45.10	45	71.69	4.64
		오	25	284.26	47.88	20	282.09	54.40	45	70.34	5.69
		우	25	284.38	48.02	20	285.82	63.60	45	69.18	6.03
으		25	286.64	46.34	20	289.48	74.22	45	68.69	5.93	
합계	175	283.43	40.88	140	284.29	58.17	315	69.71	5.99		

<표 3>에서 기본주파수의 N은 변성기 이전의 경우 남아 4 명, 여아 5명이 각각 5번씩, 변성기 이후의 경우 남아 5명, 여아

4명이 각각 5번씩 반복한 횟수이다. 강도의 N은 남아와 여아 각각 9명의 아동이 5번씩 반복한 횟수이다.

<표 3>에 나타나 있는 집단 별 차이가 통계적으로 유의미한지 알아보기 위하여 기본주파수에 대해 일변량삼원분산분석(3-way ANOVA)을 실시한 결과가 <표 4>에 제시되어 있다.

표 4. 기본주파수의 ANOVA 검정 결과  
Table 4. ANOVA results of F0

주효과 또는 상호작용	자유도	F	
		변성기 전	변성기 후
장애	2	110.426**	93.419**
성별	1	140.511**	92.884**
모음	6	.979	1.599
장애 * 성별	2	21.429**	21.688**
장애 * 모음	12	.364	.242
성별 * 모음	6	.312	.180
장애 * 성별 * 모음	12	.154	.102
오차	903		

\*\* .p<.01 수준에서 유의함.

<표 4>에 나타나 있듯이 ANOVA 분석 결과 기본주파수는 변성기 이전과 이후 아동 모두 장애와 성별 사이에 상호작용이 있었다(<그림 1>과 <그림 2> 참조).

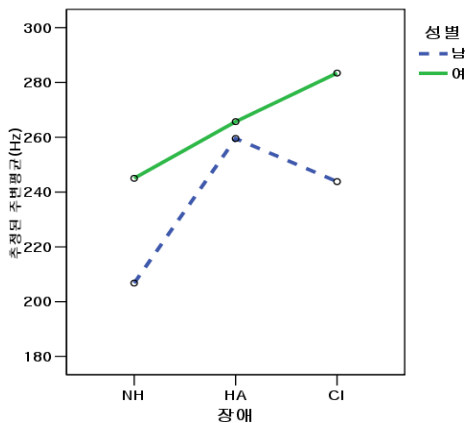


그림 1. 변성기 이전 아동의 장애와 성별에 따른 기본주파수의 추정된 주변평균  
Figure 1. Estimated marginal mean of F0 across handicap and gender before puberty

장애와 성별에 따른 기본주파수를 살펴보면 변성기 이전의 보청기 아동은 남아와 여아의 기본주파수 차이가 작았으나 정상청력 아동과 인공와우 아동은 남아와 여아 사이에 기본주파수 차이가 컸다(<그림 1> 참조).

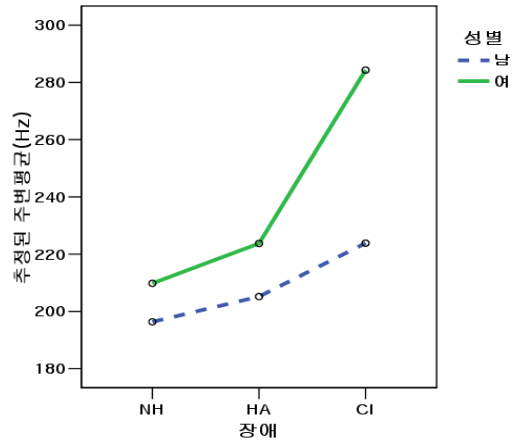


그림 2. 변성기 이후 아동의 장애와성별에 따른 기본주파수의 추정된 주변평균  
Figure 2. Estimated marginal mean of F0 across handicap and gender after puberty

변성기 이후에는 인공와우 여아를 제외한 모든 아동 집단의 기본주파수가 낮아졌으며 정상청력 아동은 남아와 여아 사이의 기본주파수 차이가 작아졌고 인공와우 아동은 남아와 여아 사이의 기본주파수 차이가 변성기 이전보다 더 커졌다. 변성기 이전과 이후 모두 장애 집단별 남아와 여아의 기본주파수 차이가 모두 달랐다(<그림 2> 참조).

변성기 이전과 이후 아동 모두 기본주파수에 대한 주효과 분석 결과 장애, 성별에 대하여 집단 간에 유의미한 차이가 있었다. 첫째, 사후분석 결과 장애별로 변성기 이전과 이후 모두 인공와우 아동(변성기 이전 265.82 Hz, 변성기 이후 250.71 Hz), 보청기 아동(변성기 이전 262.28 Hz, 변성기 이후 213.37 Hz), 정상청력 아동(변성기 이전 228.03 Hz, 변성기 이후 202.33 Hz) 순으로 기본주파수가 높았고 모든 장애 집단 사이에 유의미한 차이가 있었다. 둘째, 성별에 따라서는 변성기 이전과 이후 모두 여아(변성기 이전 264.71 Hz, 변성기 이후 239.28 Hz)가 남아(변성기 이전 236.72 Hz, 변성기 이후 208.46 Hz)보다 기본주파수가 유의미하게 높았다.

강도에 대한 <표 3>의 집단 별 차이가 통계적으로 유의미한지 알아보기 위하여 강도에 대해 일변량삼원분산분석을 실시한 결과가 <표 5>에 제시되어 있다. <표 5>에 나타나 있듯이 ANOVA 분석 결과 강도는 장애와 성별 사이에 상호작용이 있었다(<그림 3> 참조). 장애와 성별에 따른 강도를 살펴보면 정상청력 아동은 남아와 여아 간에 강도 차이가 거의 없으나 보청기 아동과 인공와우 아동의 경우 정상청력 아동과는 달리 남아와 여아 간의 강도 차이가 컸다(<그림 3> 참조).

강도에 대한 주효과 분석 결과 장애, 성별, 모음에서 유의미한 차이가 있었다. 첫째, 사후분석 결과 장애별로 보청기 아동의 강도(70.91 dB)가 인공와우 아동(68.90 dB)이나 정상청력 아동(64.20 dB)보다 유의미하게 컸으며 인공와우 아동이 정상청력

아동의 강도보다 유의미하게 컸다. 둘째, 성별에 따라 여아(68.66 dB)가 남아(67.44 dB)보다 강도가 유의미하게 컸다. 셋째, 모음 사이에 유의미한 강도 차이가 있었다. 모음 사이의 강도에 대한 사후분석 결과가 <표 6>에 제시되어 있다. <표 6>에 유의수준 .05에서 유의미한 차이가 없는 모음들이 동일집단군으로 묶여 있다. 전반적으로 저모음이 고모음에 비해 강도가 컸다.

표 5. 강도의 ANOVA 검정 결과  
Table 5. ANOVA results of intensity

주효과 또는 상호작용	자유도	F
장애	2	212.12**
성별	1	19.34**
모음	6	10.68**
장애 * 성별	2	11.80**
장애 * 모음	12	.563
성별 * 모음	6	.217
장애 * 성별 * 모음	12	.421
오차	1848	

\*\* .p<.01 수준에서 유의함.

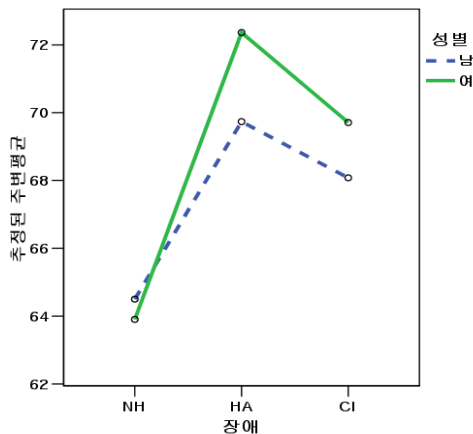


그림 3. 장애와 성별에 따른 강도의 추정된 주변평균

Figure 3. Estimated marginal mean of intensity across handicap and gender

표 6. 강도의 다중 비교 결과

Table 6. Results of Tukey's HSD for intensity

모음	N	집단군				
		1	2	3	4	5
이	45	66.04				
우	45	67.30	67.30			
으	45	67.45	67.45	67.45		
애	45		67.76	67.76	67.76	
오	45			68.84	68.84	68.84
아	45				69.16	69.16
어	45					69.47
유의확률		.091	.975	.104	.098	.891

### 3.2 주파수변동률과 진폭변동률

장애, 성별, 모음에 따른 집단 간 주파수변동률과 진폭변동률의 평균과 표준편차가 <표 7>에 제시되어 있다. 그리고 <표 7>에 나타나는 주파수변동률의 집단 별 차이가 통계적으로 유의미한지 알아보기 위하여 주파수변동률에 대해 일변량삼원분산분석(3-way ANOVA)을 실시한 결과가 <표 8>에 제시되어 있다. <표 9>에 나타나있는 바와 같이 ANOVA 분석 결과 주파수변동률은 장애와 성별, 장애와 모음 사이에 상호작용이 있었다 (<그림 4>와 <그림 5> 참조).

장애와 성별에 따른 주파수변동률을 살펴보면 정상청력 아동은 남아와 여아 간에 주파수변동률 차이가 거의 없으나 보청기 아동의 경우는 남아가 여아보다 주파수변동률이 더 컸고, 인공와우 아동의 경우는 여아가 남아보다 주파수변동률이 상당히 컸다(<그림 4> 참조). 그리고 장애와 모음에 따른 주파수변동률을 살펴보면 전설모음의 경우 주파수변동률이 더 작았으며 후설모음으로 갈수록 주파수변동률이 더 커졌다. 전설모음의 경우 세 집단의 차이가 거의 없었으나 후설모음에서는 보청기 아동과 인공와우 아동이 정상청력 아동보다 더 작았다(<그림 5> 참조).

<표 9>에서 주파수변동률의 주효과 분석 결과 장애, 모음에서 집단 간에 유의미한 차이가 있었다. 첫째, 정상청력 아동(.0679 %)이 인공와우 아동(.0627 %)이나 보청기 아동(.0632 %)에 비해 주파수변동률이 유의미하게 컸다. 그리고 보청기 아동이 인공와우 아동에 비해 주파수변동률이 컸으나 유의미한 차이는 없었다. 둘째, 모음 사이에 유의미한 주파수변동률 차이가 있었다.

모음 간 주파수변동률의 차이는 <표 10>에 제시되어 있다. <표 10>에 유의수준 .05에서 유의미한 차이가 없는 모음들이 동일집단군으로 묶여 있다. /어/의 주파수변동률이 가장 컸으며 /애/의 주파수변동률이 가장 작았고 전반적으로 전설모음의 주파수변동률이 후설모음의 주파수변동률에 비해 컸다.

표 7. 장애, 성별, 모음 별 주파수변동률과 진폭변동률의 평균과 표준편차

Table 7. Mean and standard deviation of jitter and shimmer across handicap, gender, and vowels

장애	성별	모음	N	주파수변동률(%)		진폭변동률(dB)	
				평균	표준편차	평균	표준편차
NH	남	이	45	.058	.022	.199	.051
		애	45	.058	.013	.234	.047
		아	45	.054	.013	.241	.061
		어	45	.063	.017	.184	.063
		오	45	.079	.037	.239	.104
		우	45	.084	.052	.206	.089
		으	45	.078	.057	.158	.072
	합	315	.068	.036	.209	.077	
	여	이	45	.051	.016	.187	.064
		애	45	.054	.012	.232	.041

		아	45	.060	.010	.244	.045
		어	45	.062	.018	.189	.067
		오	45	.078	.040	.231	.083
		우	45	.089	.042	.222	.060
		으	45	.083	.035	.214	.084
		합	315	.068	.031	.217	.068
HA	남	이	45	.060	.036	.168	.071
		애	45	.054	.020	.185	.056
		아	45	.056	.012	.195	.071
		어	45	.059	.021	.180	.064
		오	45	.068	.039	.158	.084
		우	45	.082	.050	.165	.080
		으	45	.068	.038	.159	.078
	합	315	.064	.034	.173	.073	
	여	이	45	.057	.049	.131	.082
		애	45	.060	.020	.201	.057
		아	45	.060	.009	.205	.040
		어	45	.061	.015	.193	.072
		오	45	.071	.039	.159	.065
		우	45	.065	.044	.160	.067
으		45	.061	.051	.144	.072	
합	315	.062	.036	.171	.071		
CI	남	이	45	.045	.017	.194	.083
		애	45	.053	.014	.251	.049
		아	45	.060	.009	.220	.050
		어	45	.061	.012	.236	.053
		오	45	.073	.048	.245	.102
		우	45	.061	.035	.242	.101
		으	45	.057	.030	.221	.069
	합	315	.059	.028	.230	.077	
	여	이	45	.071	.073	.191	.094
		애	45	.063	.024	.211	.065
		아	45	.064	.021	.213	.060
		어	45	.061	.018	.185	.088
		오	45	.070	.035	.204	.080
		우	45	.071	.052	.215	.087
으		45	.069	.033	.169	.090	
합	315	.067	.041	.198	.082		

표 8. 주파수변동률과 진폭변동률의 ANOVA 검정 결과  
Table 8. ANOVA results of jitter and shimmer

주효과 또는 상호작용	자유도	F	
		주파수변동률	진폭변동률
장애	2	4.82**	68.62**
성별	1	2.56	6.53*
모음	6	14.66**	15.14**
장애 * 성별	2	3.87*	12.46**
장애 * 모음	12	2.39**	3.26**
성별 * 모음	6	.40	.61
장애 * 성별 * 모음	12	1.57	2.44**
오차	1842		

\*  $p < .05$  수준에서, \*\*  $p < .01$  수준에서 유의함.

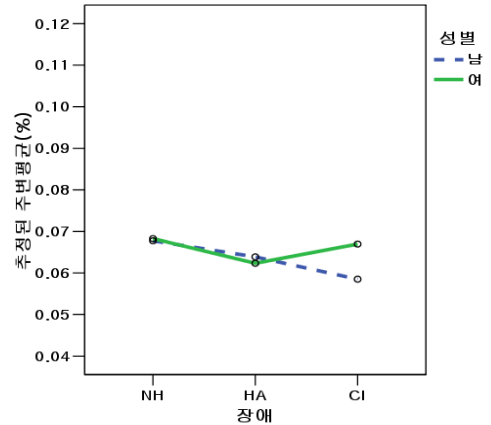


그림 4. 장애와 성별에 따른 주파수변동률의 추정된 주변평균  
Figure 4. Estimated marginal mean of jitter across handicap and gender

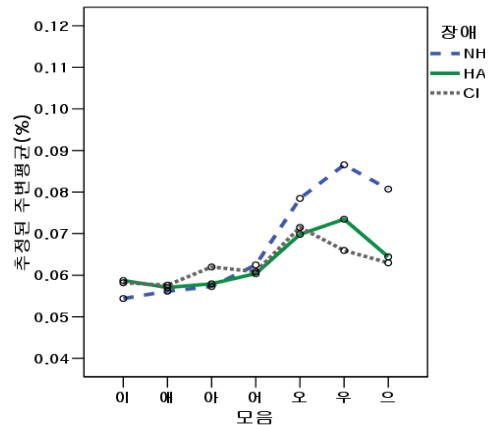


그림 5. 장애와 모음에 따른 주파수변동률의 추정된 주변평균  
Figure 5. Estimated marginal mean of jitter across handicap and vowel

표 9. 주파수변동률의 다중 비교 결과  
Table 9. Tukey's HSD results of jitter

모음	N	집단군		
		1	2	3
애	45	.057		
이	45	.057		
아	45	.059		
어	45	.061	.061	
으	45		.070	.070
오	45			.073
우	45			.076
유의확률		.734	.061	.366

<표 8>에 나타나는 진폭변동률의 집단 별 차이가 통계적으로 유의미한지 알아보기 위하여 주파수변동률에 대해 일변량삼원분산분석(3-way ANOVA)을 실시한 결과가 <표 9>에 제시되어 있다. <표 9>에 나타나있는 바와 같이 ANOVA 분석 결과 진폭변동률은 장애와 성별, 장애와 모음, 그리고 장애와 성별과

모음 사이에 상호작용이 있었다(<그림 6> ~ <그림 9> 참조).

장애와 성별에 따른 진폭변동률을 살펴보면 정상청력 아동에서는 여아가 남아보다 진폭변동률이 더 컸으나 보청기 아동은 남녀 간 차이가 거의 없었으며 인공와우 아동에서는 남아가 여아보다 진폭변동률이 더 크고 남아와 여아 사이에 진폭변동률 차이가 정상청력 아동이나 보청기 아동에 비해 컸다(<그림 6> 참조).

그리고 장애와 모음에 따른 진폭변동률을 살펴보면 보청기 아동이 인공와우 아동이나 정상청력 아동에 비해 진폭변동률이 현저하게 작았다. 그리고 전반적으로 저모음의 진폭변동률이 고모음의 진폭변동률에 비해 컸고 각 모음의 진폭변동률 차이가 장애 집단별로 달랐다(<그림 7> 참조).

장애와 성별과 모음에 따른 진폭변동률을 살펴보면 남아와 여아 모두 보청기 아동의 진폭변동률이 정상청력 아동이나 인공와우 아동에 비해 작았다. 남아의 경우 /이/와 /아/를 제외한 모든 모음의 진폭변동률이 인공와우 아동이 정상청력 아동에 비해 컸으며, 여아의 경우에는 /이/를 제외한 모든 모음의 진폭변동률이 정상청력 아동이 인공와우 아동에 비해 컸다. 그리고 장애 집단별로 각 모음의 진폭변동률 차이가 다르게 나타났다(<그림 8>과 <그림 9> 참조).

<표 8>에서 진폭변동률의 주효과 분석 결과 장애, 성별, 모음 모두 집단 간에 유의미한 차이가 있었다. 첫째, 보청기 아동(.1720 dB)이 정상청력 아동(.2129 dB)과 인공와우 아동(.2139 dB)보다 진폭변동률이 유의미하게 작았으며 인공와우 아동이 정상청력 아동보다 진폭변동률이 컸으나 유의미한 차이는 없었다. 둘째, 남아(.2127 dB)와 여아(.1963 dB) 사이에 유의미한 차이가 있었다. 남아가 여아보다 진폭변동률이 유의미하게 컸다. 셋째, 모음 사이에 진폭변동률이 유의미한 차이가 있었는데 전반적으로 저모음이 고모음에 비해 진폭변동률이 컸다. 모음 간 진폭변동률의 차이는 <표 10>에 제시되어 있다.

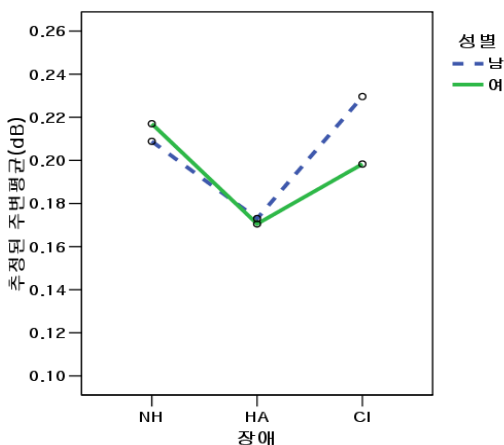


그림 6. 장애와 성별에 따른 진폭변동률의 추정된 주변평균  
Figure 6. Estimated marginal mean of shimmer across handicap and gender

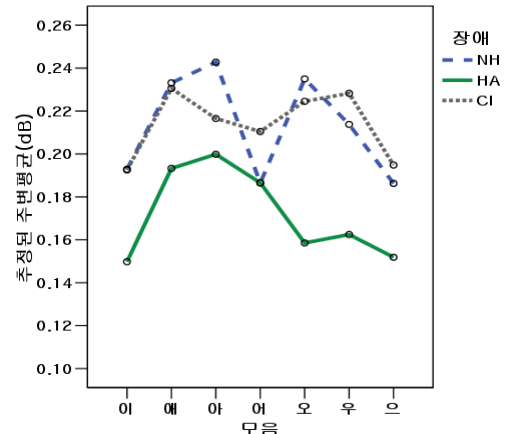


그림 7. 장애와 모음에 따른 진폭변동률의 추정된 주변평균

Figure 7. Estimated marginal mean of shimmer across handicap and vowel

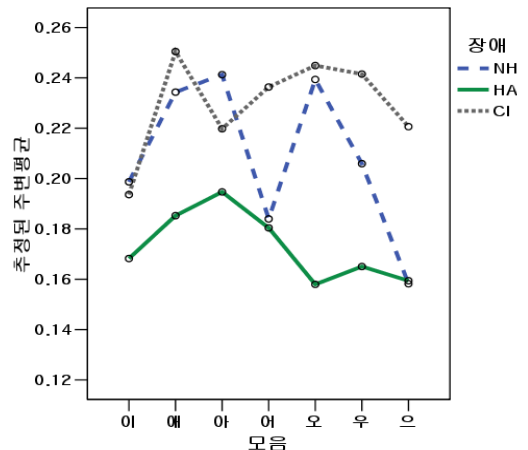


그림 8. 남아의 장애와 모음에 따른 진폭변동률의 추정된 주변평균

Figure 8. Estimated marginal mean of shimmer across vowel and handicap for male

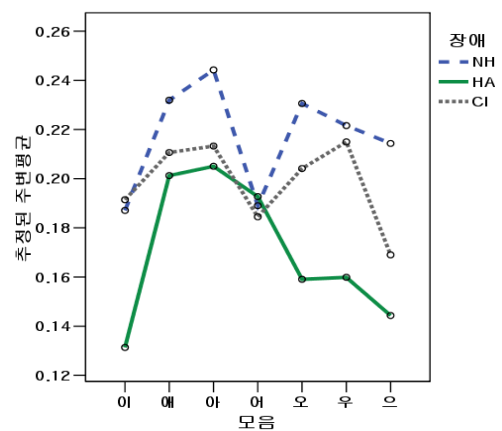


그림 9. 여아의 장애와 모음에 따른 진폭변동률의 추정된 주변평균

Figure 9. Estimated marginal mean of shimmer across vowel and handicap for female



표 10. 진폭변동률의 다중 비교 결과  
Table 10. Results of Tukey's HSD for shimmer

모음	N	집단군		
		1	2	3
으	45	.178		
이	45	.179		
어	45	.194	.194	
우	45		.201	.201
오	45		.206	.206
애	45			.219
아	45			.220
유의확률		.128	.497	.059

#### 4. 토론 및 결론

연구 결과는 다음과 같다. 첫 번째, 기본주파수(F0) 분석 결과, 장애별로는 변성기 이전과 이후 모두 인공와우>보청기>정상청력 아동 순으로 기본주파수가 높았다. 이는 청각장애인들의 경우 정상청력인들보다 높은 음도로 발성한다는 선행연구들과 일치한다(허명진, 1997; 조성미·정옥란, 2004). 하지만 인공와우 아동의 음도가 보청기 아동의 음도보다 높은 것으로 나타난 것은 청력 수준이 향상되면 음성조절 능력이 향상되어 음도가 낮아진다는 보고(윤미선, 2004; Cerçi *et al.*, 2006)와 인공와우 아동이 보청기 아동보다 낮은 음도로 발성할 것이라는 기대와는 차이를 보인다. Walzman(2000)은 적어도 3세 이전에 인공와우 이식을 받아야 정상청력 아동 수준의 말과 언어발달을 기대할 수 있다고 보고한다. 그리고 Hamzavi *et al.*(2000)은 인공와우 이식 후 대상자의 30 %만이 통계적으로 유의미하게 음도가 낮아졌고, Hocevar-Boltezar *et al.*(2006b)은 인공와우 이식을 받은 아동과 성인을 대상으로 이식 후 6개월과 12개월에 음도를 측정한 결과 아동과 성인 모두 음도 변화가 크게 나타나지 않았다고 보고한다. 본 연구의 인공와우 아동들은 모두 5세 이후에 인공와우 이식을 받은 아동들로 인공와우 이식 이전의 청력수준이 보청기를 착용한 아동들보다 낮았으며 인공와우 착용 시기가 평균 3.8년이다. 특히 변성기 이후에 속한 인공와우 아동의 경우 모두 학령기에 인공와우 이식을 받았으며 이식 전 청력이 변성기 이후에 속한 보청기 아동의 청력보다 더 낮았다. 이로 인해 인공와우 아동의 음도가 보청기 아동보다 더 높게 나타난 것으로 보인다. 성별에 따라서는 변성기 이전과 이후 모두 여아가 남아보다 기본주파수가 높았는데 여아가 남아보다 기본주파수가 높은 것은 성대의 길이나 두께 등의 차이에 의한 것이다. 모음별로는 기본주파수가 유의미하게 차이는 없었으나 대체로 고모음이 저모음보다 기본주파수가 높았으며 이는 모음 고유기본주파수(intrinsic vowel F0)에 의한 것으로 볼 수 있다(Lehiste, 1970; Lim *et al.*, 2006).

두 번째, 강도 분석 결과, 장애별로는 보청기>인공와우>정상청력 아동 순으로 컸으며 성별에 따라서는 여아가 남아보다 강

도가 유의미하게 컸고 모음별로는 전반적으로 저모음이 고모음에 비해 강도가 컸다. 저모음의 강도가 고모음의 강도에 비해 큰 것은 모음고유강도(instinct vowel intensity) 때문이다(Lehiste, 1970). 정상청력 아동은 남녀 간에 강도 차이가 거의 없으나 보청기 아동과 인공와우 아동의 경우에는 여아가 남아보다 강도가 컸다. 최은아(2010)의 성인과 비교할 때, 보청기 아동과 인공와우 아동의 강도가 정상청력 아동에 비해 상당히 컸다. 청력 손실로 인해 청각적인 피드백이 충분하지 않으면 후두 조절이 원활하지 못해 음도가 너무 높거나 낮아지는 것과 마찬가지로, 강도도 너무 크거나 작아지며 이로 인해 말명료도도 낮아진다는 기존의 연구 결과와 일치했다(문해란, 2002). 또한 정상청력 아동의 강도가 인공와우 아동이나 보청기 아동보다 현저히 낮았는데 이는 청각장애 아동의 경우 발성 기체의 조절이 어려워 음성 매개 변수의 변이가 심하게 나타나 너무 크게 말하거나 너무 작게 말하는 특성이 있고 연령이 증가하여도 말소리 크기 조절이 어렵다는 보고와 일치한다(Boone *et al.*, 2005).

음도, 강도, 음색 등에 문제가 발생하면 음질이 비정상적인 것으로 지각되는데 이를 발생장애라고 하며 음도가 낮고 강도가 클수록 발생장애가 심한 것으로 지각된다(Ferrand, 2007). 높은 음도와 큰 강도는 차폐(masking) 효과와 발성 기체 조절의 어려움에서 기인한 것으로 보인다. 주변소음이나 여러 상황에 의해 상대방의 말소리가 들리지 않을 경우 화자의 음성은 점점 커지고 높아진다. 청각장애인들은 청력 손실로 인해 청각적 피드백이 충분하지 않으며 이러한 청력손실이 차폐로 작용하여 화자인 청각장애인들은 음도가 높고 강도가 큰 음성을 산출하게 되는 것으로 보인다. 또한 청각장애 아동의 경우 1세 이전의 용알이는 정상청력 아동과 동일하게 발생하지만 산출양은 정상청력 아동과는 비교할 수 없을 만큼 적다(Yoshinaga-Itano & Sedey, 2000). 그리고 용알이 이후 첫 낱말 수준부터는 말산출에서도 정상청력 아동과 큰 차이를 보이게 되는데 이러한 과정에서 발성 기체의 조절을 원활하게 하는 연습이 부족했을 것이며 그로 인해 높은 음도와 큰 강도로 발생하게 되는 것으로 보인다.

세 번째, 주파수변동률(jitter)은 장애별로는 정상청력>보청기, 인공와우 순으로 보청기 아동이 인공와우 아동에 비해 주파수변동률이 컸으나 유의미한 차이는 없었다. 그리고 성별에 따라서는 여아가 남아보다 주파수변동률이 유의미하게 컸으며, 모음 중에는 /우/의 주파수변동률이 가장 컸고 /애/의 주파수변동률이 가장 작았다. 전반적으로 전설모음에서 후설모음으로 갈수록 주파수변동률이 커졌으며 전설모음의 경우 세 집단의 차이가 거의 없었으나 후설모음에서는 보청기 아동과 인공와우 아동이 정상청력 아동보다 더 작았다.

네 번째, 진폭변동률(shimmer)은 장애별로는 인공와우>정상청력>보청기 순으로 컸다. 그리고 성별에 따라서는 남아가 여아보다 진폭변동률이 유의미하게 컸으며, 모음 중에 /애/와 /아/

의 진폭변동률이 가장 크고 /으/와 /이/의 진폭변동률이 가장 작아 전반적으로 저모음이 고모음에 비해 진폭변동률이 컸다. 정상청력 아동에서는 여아가 남아보다 진폭변동률이 더 컸으나 인공와우 아동에서는 남아가 여아보다 진폭변동률이 더 컸으며 보청기 아동은 남녀 간 차이가 거의 없었다.

음질에 대한 청지각적인 평가는 실시하지 않았으나 음성 녹음 중 인공와우나 보청기를 착용한 아동의 경우 정상청력 아동과는 다른 음질 특성을 보였다. 청각장애 아동이 정상청력 아동보다 음도가 더 높고 강도가 더 커서 음도와 강도는 청각장애인들의 음성특성을 잘 설명해 주는 변수였으나 주파수변동률과 진폭변동률의 경우 보청기 아동의 주파수변동률과 진폭변동률이 정상청력 아동보다 더 낮게 나타났고 인공와우 아동도 진폭변동률은 정상청력 아동보다 높았으나 주파수변동률은 정상청력 아동보다 낮게 나타났다. 즉 주파수변동률이나 진폭변동률로는 청각장애 아동의 음질 특성을 설명할 수 없다는 결론에 도달하였다. 그리고 이것은 유창성장애 등 다른 장애군에 대해 주파수변동률과 진폭변동률을 측정할 연구 결과들에서 주파수변동률과 진폭변동률이 유창성 장애의 발성 특성을 설명해 주지 못한다는 연구 결과(Ward, 1990)와 일치한다.

인공와우 이식 연령에 따라, 이식 후 인공와우 적응시기에 따라, 또 인공와우 이식 전과 후의 음질 변화를 살펴보는데 이 변수들을 사용한 선행연구(전은옥·고도홍, 2007; Cerçi et al., 2006; Hocevar-Boltezar et al., 2006a; Hocevar-Boltezar et al., 2006b)도 있다. 음질에 대한 특성을 고찰하는데 있어서 음성장애 환자들에게는 주파수변동률과 진폭변동률이 효과적인 변수로 사용된다. 그러나 본 연구에서 이 변수들은 청각장애인들의 음질 특성을 설명하는데 충분하지 않음을 알 수 있었다. 이는 청각장애인들이 보이는 음질의 문제가 음성장애 환자와 같이 성대의 결합에서 오는 것이 아니기 때문인 것으로 보인다. 주파수변동률과 진폭변동률은 음질과 관련된 변수로 주파수변동률은 기식 섞인 음성(breathy voice)과 관련이 있고 진폭변동률은 거친 음성(hoarse voice)과 관련이 있다(Tiger Electronics Inc., 2001). 그러나 청각장애인들이 보이는 기식성이 있고 귀어짜는 듯하며 잘 공명되지 않은 비정상적인 음질특성이 주파수변동률과 진폭변동률로는 설명되지 않는 것으로 보아 이러한 음질특성은 성대의 불규칙적인 움직임에서 기인한 것이 아니라 성대의 개방성과 관련된 것으로 보인다. 그러므로 이러한 특성을 잘 설명하기 위해서는 성대의 규칙적인 여단음에 대한 정보를 주는 주파수변동률이나 진폭변동률보다는 H1-H2나 스펙트럼 기울기, 포먼트 대역폭 B1과 같이 성대의 개방성과 관련된 정보를 얻을 수 있는 변수들에 대한 분석이 요구되며 그 외의 변수들에 대한 고찰도 필요하다.

## 참고문헌

- Boersma, Paul & Weenink, David (2009). Praat: doing phonetics by computer (Version 5.1.20) [Computer program]. Retrieved October 31, 2009, from <http://www.praat.org/>
- Boone, D. R., McFarlane, S. C. & Von Berg, S. L. (2005). *Voice and Voice Therapy*(7th ed.), MA: Allyn and Bacon.
- Campisi, P., Low, A. J., Papsin, B. C., Mount, R. J. & Harrison, R. V.(2006). Multidimensional voice program analysis in profoundly deaf children: quantifying frequency and amplitude control. *Perceptual & Motor Skills*, Vol. 103, No. 1, pp. 40-50.
- Cerçi U, Kandoğan T, Olgun L, Gültekin G, Alper S.(2006). The effect of cochlear implantation on voice development. *Journal of Ear, Nose, and Throat*. Vol. 16, No. 3, pp. 112-21.
- Chen, Y., Robb, M. P. & Gilbert, H. P.(2002). Electroglottographic evaluation of gender and vowel effects during modal and vocal fry phonation. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, Vol. 45, No. 5, pp. 821-829.
- Cho, S. M. & Jeong, O. R.(2004). A correlation study between acoustic and physiologic parameters in voice patients. *Journal of Speech-Language & Hearing Disorders*. Vol. 13, NO. 3, pp. 137-145.
- (조성미·정옥란(2004). 음성장애인의 음향학적 측정치와 생리학적 측정치에 대한 상관관계 연구. 언어치료연구, 13권, 3호, pp. 137-145.)
- Choi, E. A.(2010). The acoustic characteristics on the speech of profound hearing-impaired adults and children. Ph.D. dissertation, Chungnam National University.
- (최은아(2010). 심도 청각장애 성인과 아동 음성의 음향음향학적 특성. 충남대학교 대학원 박사학위 논문.)
- Eimas, P. D.(1975). Speech perception in early infancy. In L.B. Cohen & P. Salapatek(Eds.), *Infant perception: From sensation to cognition*. NY: Academic Press.
- Eimas, P. D., & Tartter, V. C.(1979). On the development of speech perception: Mechanisms and analogies. *Advances in Child Development and Behavior*, Vol. 13, pp. 155-193.
- Ferrand, C. T.(2007). *Speech Science: An integrated approach to theory and clinical practice*(2nd ed.). MA: Allyn and Bacon.
- Hall, K. D.(1995). Variations across time in acoustic and electroglottographic measures of phonatory function in women with and without vocal nodules, *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, Vol. 38, No. 4, pp. 783-793.
- Hamzavi J., Deutsch, W., Baumgartner, W. D., Bigenzahn, W. & Gstoettner, W.(2000). Short-term effect of auditory feedback on fundamental frequency after cochlear implantation. *Audiology*,

- Vol. 39, No. 2, pp. 102-105.
- Hocevar-Boltezar, I., Vatovec, J., Gros, A. & Zargi, M.(2006). The influence of cochlear implantation on some voice parameters. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngol.* Vol. 70, No. 4, pp. 760-764.
- Hocevar-Boltezar I, Radsel Z, Vatovec J, Geczy B, Cernelc S, Gros A, Zupancic J, Battelino S, Lavrencak B, Zargi M.(2006). Change of phonation control after cochlear implantation. *Otology & Neurotology.* Vol. 27, No. 4, pp. 499-503.
- Huh, M. J.(1997). Acoustic Characteristics of Prelingual Hearing Impaired Speaker, *Journal of Speech-Language & Hearing Disorders.* Vol. 6, No. 1, pp. 61-77.
- (허명진(1997), 언어습득 전 난청자의 음향학적 특성, 언어치료 연구 6권 1호, pp. 61-77.)
- Jun, E. O. & Ko, D. H.(2007). The voice quality of the children with cochlear implant according to the time. *Speech Sciences,* Vol. 14, No. 4, pp. 213-220
- (전은옥 · 고도홍(2007). 인공와우 이식시기에 따른 아동의 음질 특성. 음성과학, 14권 4호, pp. 213-220.)
- Lee, H. B., Kim, S. H. & Kim, Y. T.(1995). *Phonology in Normal and Disordered Children.* Seoul: Koyookwahaksa.
- (이현복, 김선희, 김영태(1998). 어린이 발음의 진단과 치료. 서울: 교육과학사.)
- Lee, S. H., Huh, M. J., Jeong, O. R. & Cho, T. H. (1997). Acoustic Characteristics of Korean Deaf Speakers. *Korean journal of Speech Science,* Vol. 2, pp. 89-95.
- Lehiste, I.(1970). *Suprasegmentals.* Cambridge: The MIT Press.
- Lim, M., Lin, E. & Bones, P.(2006). Vowel effect on glottal parameters and magnitude of jaw opening. *Journal of Voice,* Vol. 20, No. 1, pp. 46-54.
- Moon, H. R.(2002). Pitch and its characteristics of children with profound hearing impairment. MA thesis, Ewha Womans University
- (문혜란(2002). 최중도 청각장애 아동의 음도 특성 연구. 이화여대 석사학위 논문.)
- Oh, Y. J., Zhi, M. Z. & Kim, Y. T. (2000), "Acoustic Comparisons of Vowel and Plosive Productions between the Nasal and the Hearing-Impaired Children", *Korean journal of Speech Science,* Vol. 7, No. 2, pp. 51-70.
- (오영자 · 지민제 · 김영태(2000). 청각장애아동과 건청아동의 모음 및 파열음 산출의 음향음성학적 특성 비교, 음성과학, 7권 2호, pp. 51-70.)
- Park, H. S.(2007). An Acoustic Study of Phonation Types in Vowels Following Consonant Clusters in Korean. *Malsori,* Vol. 64, pp. 53-76.
- (박한상(2007). 한국어 자음군의 후행모음에 나타난 발성유형의 음향음성학적 연구. 말소리, 64권, pp. 53-76.)
- Querleu, D., Renard, X., Versyp, F., Paris-Delure, L. & Crepin, G.(1988). Fetal hearing. *European Journal of Obstetric and Gynecology and Reproductive Biology,* Vol. 29, pp. 191-212.
- Tiger Electronics Inc.(2001). Dr. Speech Manual. Seattle, USA.
- Walzman, S. B.(2000). Variables affecting speech perception in children. In Walzman, S. B. & Cohen, N. L.(Eds.), *Cochlear Implants.* NY: Thieme.
- Ward, D.(1990). Voice-onset time and electroglottographic dynamics in stutterer's speech. *The British Journal of Disorders of Communication.* Vol. 25, No. 1, pp. 93-104.
- Yoon, M. S. (2004) "The Comparison of Fundamental Frequencies of Children with Different Hearing Level", *Malsori,* Vol. 52, pp. 49-60.
- (윤미선(2004). 청력수준에 따른 초등학교 아동의 기본주파수 비교, 말소리, 52권, pp. 49-60.)
- Yoshinaga-Itano, C.(2000). Development of audition and speech: implications for early intervention with infants who are deaf or hard of hearing. *The Volta Review,* Vol. 100, No. 5, pp. 213-234.
- Yoshinaga-Itano, C. & Sedey, A. L.(2000). Early speech development of children who are deaf or hard of hearing: Interrelationship with language and hearing. *The Volta Review,* Vol. 100, No. 5, pp. 181-211.
- **최은아 (Choi, Eunah)**  
대전 소리와우케어넷  
대전광역시 서구 용문동 255-1  
Tel: 042) 526-6875  
E-mail: eunah-choi@hanmail.net  
관심분야: 청각장애, 음성장애, 말과학  
현재 대전 소리와우케어넷 언어치료실장
  - **박한상 (Park, Hansang)**  
홍익대학교 영어교육과  
서울특별시 마포구 상수동 72-1  
Tel: 02) 320-1867  
E-mail: phans@hongik.ac.kr  
관심분야: 음향음성학, 실험음성학  
현재 홍익대학교 사범대학 영어교육과 교수
  - **성철재 (Seong, Cheoljae)** 교신저자  
충남대학교 인문대학 언어학과  
대전광역시 유성구 궁동 220  
Tel: 042) 821-6395  
E-mail: cjseong@cnu.ac.kr  
관심분야: 운율분석, 장애음성 분석  
현재 충남대학교 인문대학 언어학과 교수