

심도 청각장애 성인의 발성 특성: 강도, 음도, 및 그 변동율을 중심으로

The Phonatory Characteristics of the Profound Hearing-Impaired Adults' Voice: with Reference to F0, Intensity, and their Perturbations

최은아¹⁾ · 박한상²⁾ · 성철재³⁾

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, 20 hearing-impaired adults and 20 normal hearing adults as a control group were asked to read 7 Korean vowels(/a, ʌ, o, u, ɯ, i, ε/). 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(HL) than in the normal hearing group(NH), in the female group than in male group, and in high vowels than in low vowels. Second, intensity was significantly higher in the normal hearing group(NH) than in the hearing impaired group(HL), in male group than in female group, and in low vowels than in high vowels. Third, jitter was significantly higher in the normal hearing group(NH) than in the hearing impaired group(HL), and in female group than in male group and in the back vowels than in front vowels. Finally, shimmer was significantly higher in the normal hearing group(NH) than in the hearing impaired group(HL), and in male group than in female group. In particular, the male group showed that front vowels tend to have higher shimmer than back vowels.

Key words: mean F0, intensity, jitter, shimmer, profound hearing loss adult

1. 서론

개인의 발성 특성은 성대의 특성으로서 음도(pitch), 강도(intensity), 음질(voice quality), 음성조절 능력(flexibility) 등에 의해 드러난다. 그리고 음도, 강도, 음질은 주로 기본주파수(F0), 강도(intensity), 주파수변동율(Jitter), 진폭변동율(shimmer), 배음 대 소음 비율(HNR), 성대 접촉률(contact quotient) 등의 측정을 통해 분석한다. 예를 들면, 기식 섞인 목소리(breathy voice)의 특성은 주파수변동율(jitter)로 나타내는데 성대 소음의 양과 관련이 있다. 진폭변동율(shimmer)은 거친(hoarse) 목소리 특성에

영향을 받으며, 성대음(glottal source)의 스펙트럼 기울기(spectral tilt)는 기식이 섞인 정도와 상당히 관련이 크다[1]. 음도, 강도, 음색 등에 문제가 발생하면 음질이 비정상적인 것으로 지각되는데 이를 발성장애라고 하며 음도가 낮고 강도가 클수록 발성장애가 심한 것으로 지각된다[2].

목소리의 특성을 보여주는 이러한 변수들은 EGG⁴⁾를 이용하거나 음향분석을 통해 연구되며 주로 기능적으로든 기질적으로든 성대에 문제가 발생했을 때 성대의 상태와 결함을 설명해준다 [3],[4],[5]. 음성에 문제가 없는 남녀 성인에게 음도와 강도를 유지하면서 모음을 발성하게 한 후 EGG와 음향학적으로 주파수변동율과 진폭변동율을 측정했을 때 분석 방법별로, 그리고 모음별로 주파수변동율과 진폭변동율에 유의미한 차이가 없었으며[6], 성대 결절이 있는 경우에도 /a/ 발성 시 EGG와 음향분석으로 기본주파수, 주파수변동율, 진폭변동율, 배음 대 소음 비율을 측정 한 결과 분석방법 사이에 통계적으로 유의미한 차이가 없었다[4].

1) 충남대학교 eunah-choi@hanmail.net

2) 홍익대학교 phans@hongik.ac.kr

3) 충남대학교 cjseong@cnu.ac.kr 교신저자

접수일자: 2009년 11월 3일

수정일자: 2009년 12월 2일

게재결정: 2009년 12월 3일

4) Electroglottograph, Tiger Electronics Inc. Seattle, USA

정상청력 아동의 경우 생후 9개월에서 11개월 정도가 되면 억양의 오르내림을 능숙하게 사용할 수 있고 한 낱말에서도 높낮이가 생기게 된다[7],[8]. 하지만 청력손실이 있는 아동이나 성인은 청각적인 피드백의 결여로 발성 메카니즘의 조절이 원활하지 못하여 음도(pitch)와 강도(intensity)의 조절이 어려우며 정상청력인에 비해 기본주파수가 상당히 높게 나타난다[9],[10]. 그리고 평서문과 의문문에서 억양의 폭이 좁아 의미 전달이 어려우며, 강도에 있어서도 청각장애 아동이 정상청력 아동에 비해 클 뿐만 아니라 최대값과 최소값의 차이가 정상청력 아동보다 크고, 정상청력 아동들과는 달리 성장 후에도 강도가 줄어들지 않는다[9],[11]. EGG, 구강 공기량에 대한 비강 공기량 비율, 구강 내 공기압 등을 측정하여 호흡, 발성, 조음에 대한 생리학적 평가 결과를 바탕으로 중고도 청각장애 성인과 정상청력 집단에 대해 비교했을 때, 청각장애 집단은 정상청력 집단에 비해 구강 내 공기압, 성문하압, 후두의 저항, 음도 등이 유의미하게 높았으며 호흡이나 조음의 측면뿐 아니라 발성 측면에서도 비정상적인 면이 나타났다.[12].

본 연구에서는 심도 청각장애 성인(Hearing Loss, HL)과 정상청력 성인(Normal Hearing, NH)이 모음을 발성하는 동안 NasalView로 음성을 녹음해서 기본주파수, 강도, 주파수변동율, 진폭변동율 등을 음향학적으로 분석하고 각각의 변수들에 대한 객관적인 수치를 제시한다. 이러한 변수들은 성대의 특성을 반영하고 음도, 강도, 음질 특성을 살펴볼 수 있는 가장 대표적인 변수들로 음성장애 환자들의 성대 상태를 잘 설명해주는데, 본 연구에서는 이 변수들이 청각장애인들의 발성 특성을 설명하는 데에도 적절한 것인지를 살펴본다.

2. 연구방법

1) 연구 대상

본 연구는 대전, 충청권에 거주하는 18세~23세 청각장애 성인 20명(평균 연령 19세9개월), 정상청력 성인 20명(평균 연령 22세)을 대상으로 하였으며 남녀 비율은 모두 1 : 1이었다. 청각장애 성인 대상자는 모두 구화만으로 의사소통을 하거나, 구화와 수화 모두로 의사소통을 하는 선천성 심도 청각장애인이었고 보청기를 착용하고 있었다. 대상자의 청력 수준은 보청기를 착용하지 않은 상태에서의 평균 청력이 약 93.5 dB, 보청기를 착용한 상태에서의 평균 청력이 약 56 dB였다. 청각장애 성인의 경우 조음검사 결과 /아, 어, 오, 우, 으, 이, 애, 에, 외, 위/ 등 10개 모음에 대해 /위/를 /이/로 단모음화 하는 몇몇 대상자를 제외하고 단모음은 모두 정조음을 하여 모음 정확도가 90 % 이상이었다. 정상청력 성인의 경우 청력 검사나 언어 평가를 실시하지는 않았으나 본인이 청력에 이상이 없다고 보고하였고, 연구자 중 1

5) 본 연구의 대상자와 녹음방법 및 레이블링 방법은 [13]과 동일하다.

인이 언어와 말에 문제가 없는 것으로 판단한 성인들이었다.

표 1. 청각장애 성인 정보

Table 1. Information of Hearing Impaired Subjects

ID	성별	연령	청력(dB)		장애진단 시기(만)	
			교정 전	교정 후		
1	SBM	f	18	약 95	약 55	2세
2	KSM	f	18	약 100	약 70	3세
3	KJ	m	18	약 90	약 60	3세
4	PMK	m	18	약 90	약 45	1세
5	SJY	f	19	약 90	약 45	1세
6	JHW	f	19	약 100	약 70	4세
7	LWJ	m	19	약 95	약 65	1세
8	NBE	f	19	약 90	약 45	2세
9	JMJ	m	20	약 90	약 50	3세
10	BRH	m	20	약 95	약 55	2세
11	KIS	m	20	약 95	약 60	3세
12	LJW	m	20	약 90	약 55	2세
13	HKJ	f	20	약 90	약 50	3세
14	NYO	m	20	약 95	약 60	4세
15	PCH	m	21	약 90	약 50	4세
16	BJ	f	21	약 100	약 60	3세
17	SSY	f	19	약 90	약 50	1세
18	CIH	m	21	약 95	약 55	2세
19	JSH	f	22	약 100	약 70	3세
20	EJH	f	17	약 90	약 50	1세
평균				93.5	56	2.4

2) 자료 수집

정상청력 성인과 보청기를 착용한 심도 청각장애 성인들이 조용한 치료실에서 NasalView 헤드마이크를 착용하고 무작위로 5회씩 반복 제시하여 /이, 애, 아, 어, 오, 우, 으/ 7개 모음을 읽는 동안 NasalView로 녹음하였다. 저장된 음성의 표본추출율은 22,050 Hz였고 양자화비트는 16이었다. F1, F2, F3, F4가 처음으로 모두 나타나는 시점과 마지막으로 모두 나타나는 시점을 각각 모음의 시작과 종료 시점으로 설정하고 레이블링하였다. Praat을 이용하여 두 채널로 녹음된 음성을 모노(mono)로 변환한 후 기본주파수, 강도, 주파수변동율, 진폭변동율을 구하였다. Praat에서는 주파수변동율에 대해 jitter(local), jitter(local, absolute), jitter(rap), jitter(ppq5), jitter(ddd) 등 다섯 가지 변수를 제시하고 있으며, 진폭변동율에 대해 shimmer(local), shimmer(local, dB), shimmer(apq3), shimmer(apq5), shimmer(apq11), shimmer(ddd) 등 여섯 가지 변수를 제시하고 있다. 본 연구에서는 이 중 jitter(rap)과 shimmer(local)을 선택하여 분석하였다. jitter(rap)는 다음과 같은 방법으로 계산한다.

- (1) 어떤 주기 t_i 와 좌우로 인접한 두 주기 t_{i-1} 와 t_{i+1} 의 평균을 구한다.
- (2) (1)의 결과와 어떤 주기 t_i 의 차이의 절대값 평균을 구한다.
- (3) (2)의 결과를 주기 전체의 평균으로 나눈다.

MDVP에서는 이 변수를 PPQ라고 하며 병리적인 역치를 0.84 %로 제시하고 있다[14]. 한편 shimmer(local)은 다음과 같은 방법으로 구한다.

- (1) 인접한 두 주기 t_i 와 t_{i+1} 의 진폭차의 절대값 평균을 구한다.
- (2) (1)의 결과를 주기 전체의 진폭 평균으로 나눈다.

MDVP에서는 이 변수를 Shim이라 하며 병리적인 역치를 3.180 %로 제시하고 있다[14].

3. 연구 결과

장애, 성별, 모음에 대해 집단 간 평균 기본주파수와 강도 차이가 <표 2>에 제시되어 있다.

표 2. 장애, 성별, 모음 별 기본주파수와 강도의 평균과 표준편차
Table 2. Mean and standard deviation of F0 and intensity across handicap, gender, and vowels

장애	성별	모음	N	기본주파수(Hz)		강도 (dB)	
				평균	SD	평균	SD
NH	남	이	50	117.23	14.64	66.81	4.90
		애	50	116.53	14.10	68.94	5.06
		아	50	115.59	13.68	68.95	5.36
		어	50	115.62	13.67	69.74	5.03
		오	50	121.95	37.76	69.83	4.98
		우	50	117.04	14.77	68.19	4.65
		으	50	118.14	14.61	69.04	4.96
	합계		117.44	19.38	68.79	5.04	
	여	이	50	214.69	18.36	68.03	4.23
		애	50	212.33	18.24	68.97	4.31
		아	50	210.32	18.32	69.96	5.24
		어	50	209.69	17.68	70.54	4.99
		오	50	212.50	18.19	70.84	4.46
		우	50	214.53	18.53	69.46	4.25
으		50	217.08	19.74	70.80	4.31	
합계		213.02	18.45	69.80	4.62		
HL	남	이	50	155.87	39.50	68.63	7.69
		애	50	150.90	37.08	70.46	6.28
		아	50	144.05	35.17	70.95	5.86
		어	50	143.10	32.90	71.11	6.25
		오	50	150.37	38.15	71.32	7.04
		우	50	153.03	41.13	70.81	6.87
		으	50	152.93	37.94	69.54	7.52
	합계		150.04	37.43	70.40	6.82	
	여	이	50	270.28	71.14	64.41	7.55
		애	50	268.58	74.84	65.04	6.09
		아	50	254.73	52.74	67.21	6.82
		어	50	252.05	51.45	66.86	6.89
		오	50	263.06	63.65	65.15	7.54
		우	50	263.07	59.56	64.92	8.20
으		50	269.74	67.11	64.36	7.19	
합계		263.07	63.28	65.42	7.22		

<표 2>에서 장애, 성별, 모음에 따른 기본주파수와 강도의 차이가 통계적으로 유의미한지 알아보기 위하여 기본주파수와 강도를 종속변수로 하고 장애, 성별, 모음을 독립변수로 하여 일변량삼원분산분석(3-way ANOVA)을 실시하였다. 유의수준은 0.05였으며 Tukey's HSD를 이용하여 사후 분석을 실시하였다. 그 결과가 <표 3>에 제시되어 있다.

표 3. 기본주파수와 강도의 ANOVA 검정 결과
Table 3. ANOVA results of F0 and intensity

주효과 또는 교호 작용	자유도	F	
		기본주파수	강도
장애	1	388.645**	18.51**
성별	1	2476.065**	38.25**
모음	6	1.849	4.30**
장애 * 성별	1	17.343**	87.30**
장애 * 모음	6	.674	1.05
성별 * 모음	6	.213	.40
장애 * 성별 * 모음	6	.101	.39
오차		1372/1400	

** . p<.01 수준에서 유의함.

<표 3>에 나타나 있듯이 기본주파수에 대한 주효과 분석 결과 장애, 성별에 대하여 집단 간에 유의미한 차이가 있었다. 첫째, 사후분석 결과 청각장애 성인의 기본주파수(206.55 Hz)가 정상청력 성인의 기본주파수(165.23 Hz)보다 유의미하게 컸다. 둘째, 여성(238.05 Hz)이 남성(133.74 Hz)보다 기본주파수가 유의미하게 컸다.

기본주파수는 장애와 성별 사이에 교호 작용이 있었다. 장애와 성별 사이의 교호 작용의 원인을 알 수 있는 기본주파수의 추정된 주변평균이 <그림 1>에 제시되어 있다.

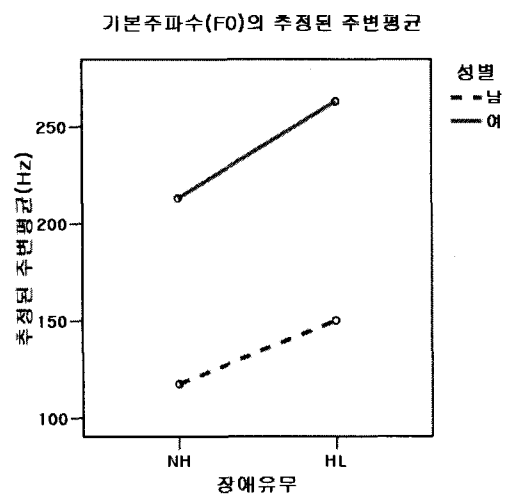


그림 1. 장애와 성별에 따른 기본주파수의 추정된 주변 평균
Figure 1. Estimated marginal mean of F0 across handicap and gender

<그림 1>에 나타나 있듯이 정상청력 여성(213.02 Hz)과 청각장애 여성(263.07 Hz)이 정상청력 남성(117.44 Hz)과 청각장애

남성(150.04 Hz)보다 기본주파수가 높았으며 청각장애 성인(198.63 Hz)이 정상청력 성인(175.60 Hz)보다 기본주파수가 높았다. 정상청력 성인에서의 남녀 간 평균값 차이가 청각장애 성인에서의 남녀 간 평균값 차이보다 작다. 이러한 차이가 장애와 성별 사이의 교호 작용의 원인으로 보인다.

다음으로 강도에 대한 주효과 분석 결과 장애, 성별, 모음에 있어 유의미한 차이가 있었다. 첫째, 사후분석 결과 정상청력 성인의 강도(69.29 dB)가 청각장애 성인의 강도(67.91 dB)보다 컸다. 둘째, 남성(69.60 dB)이 여성(67.61 dB)보다 강도가 컸다. 셋째, 모음 사이에 유의미한 강도 차이가 있었다. 모음 간 강도에 대한 사후분석 결과가 <표 4>에 제시되어 있다.

표 4. 강도의 다중비교 결과
Table 4. Results of Tukey's HSD for intensity

모음	N	집단군	
		1	2
이	200	66.9711	
우	200	68.3453	68.3453
애	200	68.3520	68.3520
으	200	68.4391	68.4391
아	200		69.2649
오	200		69.2846
어	200		69.5634
유의확률		.181	.397

<표 4>에서 볼 수 있듯이 /이/의 강도가 가장 작았고 /어/의 강도가 가장 컸다. /이/와 /아, 오, 어/는 별도의 집단군에 속하는 것으로 나타났는데 /이/와 /아, 오, 어/ 사이에는 유의미한 차이가 있다는 것을 알 수 있다.

강도에 대한 교호 작용 분석 결과 장애와 성별 사이에 교호 작용이 있었다. 장애와 성별 사이의 교호 작용의 원인을 살펴볼 수 있는 강도의 추정된 주변평균이 <그림 2>에 제시되어 있다.

강도(Intensity)의 추정된 주변평균

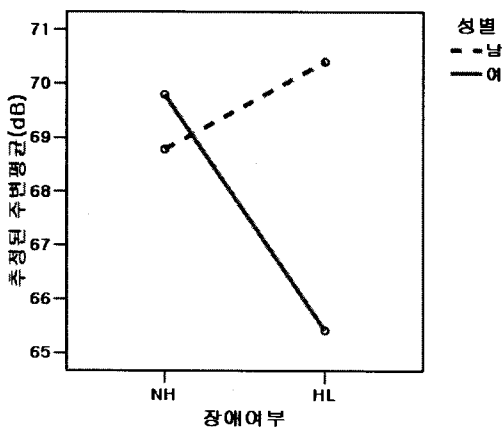


그림 2. 장애와 성별에 따른 강도의 추정된 주변 평균
Figure 2. Estimated marginal mean of intensity across handicap and gender

<그림 2>에 나타나 있듯이 정상청력 성인은 여성(69.80 dB)이 남성(68.79 dB)보다 강도가 컸으며 남녀 간에 강도 차이가 거의 없으나 청각장애 성인의 경우 남성(70.40 dB)이 여성(65.42 dB)보다 강도가 컸으며 유의미한 차이가 있었다. 이러한 역전 현상뿐만 아니라 정상청력 성인과는 달리 청각장애 성인에서 나타나는 남녀 간의 큰 강도 차이가 장애와 성별 사이의 교호 작용의 원인으로 보인다.

다음으로 장애, 성별, 모음에 따른 집단 간 주파수변동율과 진폭변동율의 평균과 표준편차가 <표 5>에 제시되어 있다.

표 5. 장애, 성별, 모음 별 주파수변동율과 진폭변동율의 평균과 표준편차

Table 5. Mean and standard deviation of jitter and shimmer across handicap, gender, and vowels

장애	성별	모음	N	jitter		shimmer	
				평균	SD	평균	SD
NH	남	이	50	.045	.009	.249	.060
		애	50	.051	.007	.236	.046
		아	50	.065	.012	.220	.052
		어	50	.065	.022	.187	.077
		오	50	.057	.022	.218	.109
		우	50	.070	.073	.166	.074
		으	50	.057	.022	.193	.069
	합계		.059	.033	.210	.077	
	여	이	50	.050	.024	.117	.071
		애	50	.055	.023	.187	.091
		아	50	.058	.014	.216	.043
		어	50	.058	.023	.136	.082
		오	50	.080	.036	.251	.083
		우	50	.092	.057	.189	.126
으		50	.110	.048	.141	.083	
합계		.072	.041	.177	.096		
HL	남	이	50	.051	.022	.196	.068
		애	50	.059	.017	.229	.065
		아	50	.056	.011	.215	.052
		어	50	.061	.018	.195	.054
		오	50	.072	.041	.187	.083
		우	50	.059	.031	.190	.080
		으	50	.056	.024	.192	.072
	합계		.059	.026	.200	.069	
	여	이	50	.043	.020	.150	.099
		애	50	.057	.031	.179	.086
		아	50	.068	.044	.172	.059
		어	50	.060	.030	.160	.077
		오	50	.047	.039	.120	.088
		우	50	.050	.040	.151	.084
으		50	.046	.029	.156	.098	
합계		.053	.034	.155	.087		

<표 5>의 장애, 성별, 모음에 따른 주파수변동율과 진폭변동율의 차이가 통계적으로 유의미한지 알아보기 위하여 주파수변동율과 진폭변동율을 종속변수로 하고 장애, 성별, 모음을 독립변수로 하여 일변량삼원분산분석(3-way ANOVA)을 실시하였다. 유의수준은 0.05였으며 Tukey's HSD를 이용하여 사후 분석을 실시하였다. 그 결과가 <표 6>에 제시되어 있다.

표 6. 주파수변동율과 진폭변동율의 ANOVA 검정 결과

Table 6. ANOVA results of jitter and shimmer

주효과 또는 교호 작용	자유도	F	
		jitter	shimmer
장애	1	29.887**	13.144**
성별	1	4.699*	86.376**
모음	6	10.392**	8.941**
장애 * 성별	1	31.522**	2.043
장애 * 모음	6	10.530**	8.221**
성별 * 모음	6	3.575**	5.856**
장애 * 성별 * 모음	6	10.504**	7.520**
오차	1372/1400		

<표 6>에 나타나 있듯이 주파수변동율에 대한 주효과 분석 결과 장애, 성별, 모음 모두에 대하여 집단 간에 유의미한 차이가 있었다. 첫째, 사후분석 결과 정상청력 성인의 주파수변동율(.07)이 청각장애 성인의 주파수변동율(.06)보다 컸다. 둘째, 여성(.06)이 남성(.05)보다 주파수변동율이 컸다. 셋째, 모음 사이의 주파수변동율은 /우/가 가장 컸으며 /이/가 가장 작았다. 모음 간 주파수변동율 차이에 대한 사후분석 결과가 <표 6>에 제시되어 있다.

표 7. 주파수변동율의 다중비교 결과
Table 7. Tukey's HSD results of jitter

모음	N	집단군		
		1	2	3
이	200	.047		
애	200	.055	.055	
어	197		.061	.061
아	200		.062	.062
오	198		.064	.064
으	199			.067
우	198			.068
유의확률		.122	.111	.361

<표 6>에서 유의미한 차이가 없는 모음들이 동일집단군으로 묶여 있다. /우/의 주파수변동율이 가장 컸으며 /이/의 주파수변동율이 가장 작았다. 전반적으로 전설 고모음의 주파수변동율이 가장 작았으며 후설 저모음의 주파수변동율이 컸다.

주파수변동율에 대한 교호 작용 분석 결과 장애와 성별, 장애와 모음 사이에 교호 작용이 있었다. 장애와 성별 사이의 교호 작용의 원인을 살펴볼 수 있는 추정된 주변평균이 <그림 3>에 제시되어 있다.

<그림 3>에 나타나 있듯이 정상청력 성인은 여성(.07)이 남성(.06)보다 주파수변동율이 컸으며, 청각장애 성인은 남성(.06)이 여성(.05)보다 주파수변동율이 컸고 정상청력 성인과 청각장애 성인 모두 성별 차이가 유의미하게 컸다. 이와 같은 역전 현상뿐만 아니라 정상청력 성인과 청각장애 성인에서 나타나는

주파수변동율(jitter)의 추정된 주변평균

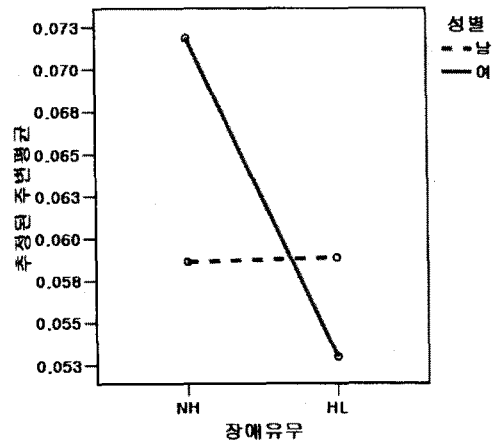


그림 3. 장애와 성별에 따른 주파수변동율의 추정된 주변 평균

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

남녀 간의 주파수변동율 차이가 장애와 성별 사이의 교호 작용의 원인으로 보인다.

다음으로 장애와 모음 사이의 교호 작용의 원인을 살펴볼 수 있는 추정된 주변평균이 <그림 4>에 제시되어 있다.

주파수변동율(jitter)의 추정된 주변평균

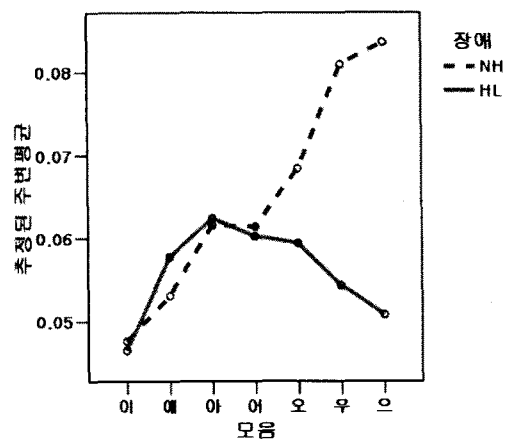


그림 4. 모음과 장애에 따른 주파수변동율의 추정된 주변 평균

Figure 4. Estimated marginal mean of jitter across vowel and handicap

<그림 4>에 나타나 있듯이 후설모음으로 갈수록 정상청력 성인과 청각장애 성인 사이의 주파수변동율 차이가 커졌으며 정상청력 성인이 청각장애 성인에 비해 주파수변동율이 더 컸다. 이러한 차이가 장애와 모음 사이의 교호 작용의 원인으로 보인다.

다음으로 성별과 모음 사이의 교호 작용의 원인을 살펴볼 수 있는 추정된 주변평균이 <그림 5>에 제시되어 있다.

주파수변동률(jitter)의 추정된 주변평균

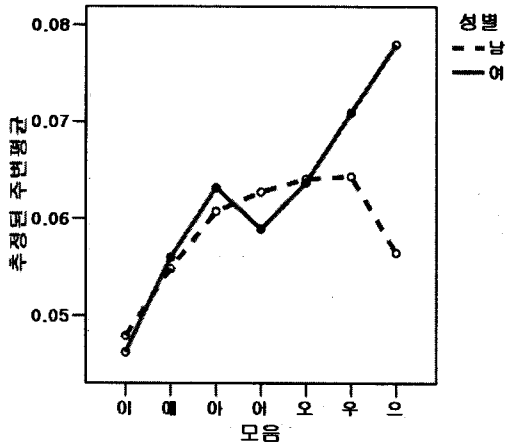


그림 5. 모음과 성별에 따른 주파수변동율의 추정된 주변 평균

Figure 5. Estimated marginal mean of jitter across vowel and handicap

주파수변동률(jitter)의 추정된 주변평균(여)

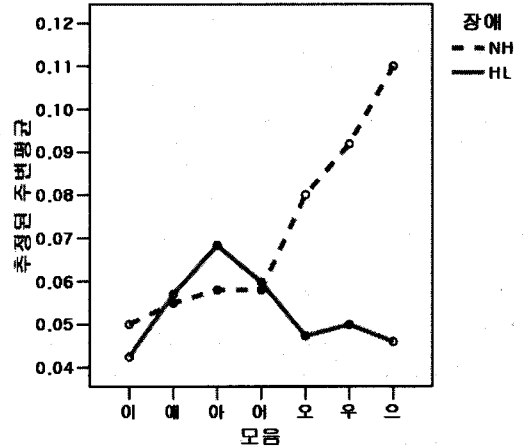


그림 7. 여성의 모음과 성별에 따른 주파수변동율의 추정된 주변 평균

Figure 7. Estimated marginal mean of jitter across vowel and handicap for female adults

<그림 5>에 나타나 있듯이 여성은 전설모음에서 후설모음으로 갈수록 주파수변동율이 더 커졌으며 남성의 경우 전설모음에서 후설모음으로 갈수록 주파수변동율이 커지다가 후설 고모음에서 주파수변동율이 다시 작아졌다. 그리고 /이/와 /어/는 남성이 여성보다 주파수변동율이 컸으나 그 외의 모음에서는 여성이 남성보다 주파수변동율이 컸다. 이러한 차이가 성별과 모음 사이의 교호 작용의 원인으로 보인다. 다음은 장애, 성별, 모음 등 세 독립변수 사이의 교호 작용의 원인을 살펴볼 수 있는 추정된 주변평균이 <그림 6>과 <그림 7>에 제시되어 있다.

<그림 6>과 <그림 7>에 나타나 있듯이 남성과 여성 사이에 주목할 만한 패턴의 차이가 있다. 모음과 장애에 대한 패턴이 전설모음에서는 유사하지만 후설모음에서는 큰 차이를 보인다. 이러한 패턴의 차이가 장애, 성별, 모음 사이의 교호 작용의 원인으로 보인다.

진폭변동율의 주효과 분석 결과 장애, 성별, 모음 모두 집단 간에 유의미한 차이가 있었다. 첫째, 정상청력 성인과 청각장애 성인 사이에 유의미한 차이가 있었는데 정상청력 성인(.19)이 청각장애 성인(.18)보다 진폭변동율이 더 컸다. 둘째, 남성과 여성 사이에 유의미한 차이가 있었는데 남성(.21)이 여성(.17)보다 진폭변동율이 유의미하게 컸다. 셋째, 모음 사이에 유의미한 진폭변동율 차이가 있었다. 7개의 모음 간 진폭변동율 차이에 대한 사후 분석 결과가 <표 8>에 제시되어 있다.

주파수변동률(jitter)의 추정된 주변평균(남)

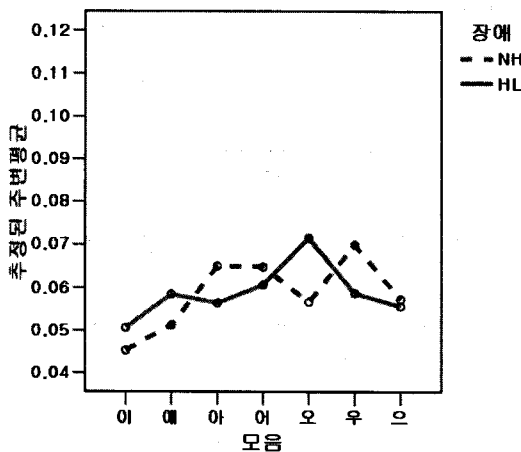


그림 6. 남성의 모음과 성별에 따른 주파수변동율의 추정된 주변 평균

Figure 6. Estimated marginal mean of jitter across vowel and handicap for male adults

표 8. 진폭변동율의 다중비교 결과
Table 8. Results of Tukey's HSD for shimmer

모음	N	집단군		
		1	2	3
어	200	.169		
으	200	.171		
우	200	.174	.174	
이	200	.178	.178	
오	200		.194	.194
아	200			.206
애	200			.208
유의확률		.935	.126	.596

<표 8>에 나타나 있듯이 유의미한 차이가 없는 모음들이 동일집단군으로 묶여 있다. /애/의 진폭변동율이 가장 컸으며 /어/의 진폭변동율이 가장 작았다.

진폭변동율에 대한 교호 작용 분석 결과 장애와 모음, 성별과 모음, 장애와 성별과 모음 사이에 교호 작용이 있었다. 장애와 모음 사이의 교호 작용의 원인을 살펴볼 수 있는 추정된 주변평균이 <그림 8>에 제시되어 있다.

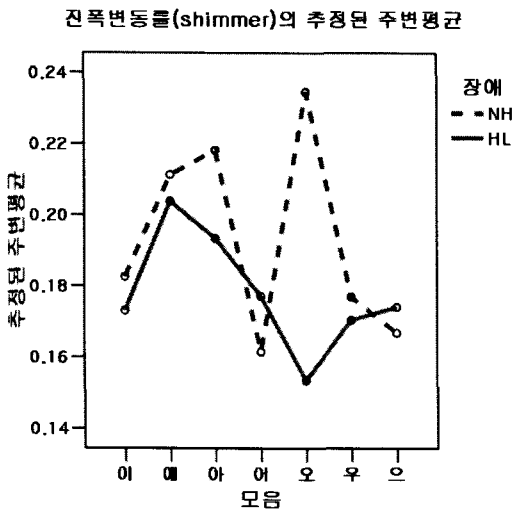


그림 8. 장애와 모음에 따른 진폭변동율의 추정된 주변 평균

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

<그림 8>에 나타나 있듯이 /어/와 /으/를 제외한 모든 모음에서 정상청력 성인이 청각장애 성인에 비해 진폭변동율이 컸다. 이와 같이 장애 집단 별로 다르게 나타나는 7개 모음의 진폭변동율 차이가 장애와 모음 사이의 교호 작용의 원인으로 보인다. 다음으로 성별과 모음 사이의 교호 작용의 원인을 알 수 있는 진폭변동율의 추정된 주변평균이 <그림 9>에 제시되어 있다.

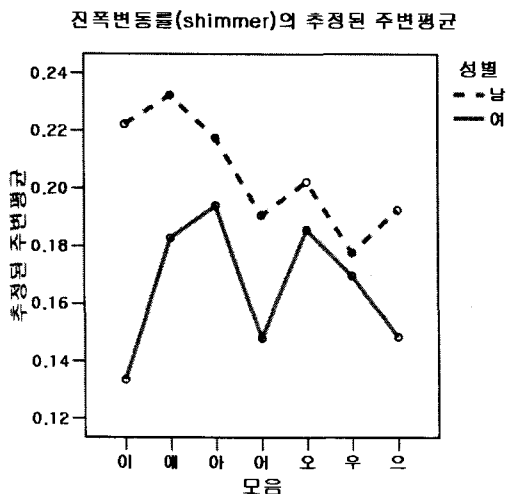


그림 9. 성별과 모음에 따른 진폭변동율의 추정된 주변 평균

Figure 9. Estimated marginal mean of shimmer across gender and vowel

<그림 9>에 나타나 있듯이 모든 모음에서 남성이 여성보다 진폭변동율이 컸으며 남성은 전설모음에서 후설모음으로 갈수록 진폭변동율이 작아지는 경향이 있다. 이와 같이 성별에 따라 다르게 나타나는 남녀 간 진폭변동율 차이가 모음과 성별 사이의 교호 작용의 원인으로 보인다. 장애와 성별과 모음 사이의 교호 작용의 원인을 알 수 있는 진폭변동율의 추정된 주변평균이 <그림 10>과 <그림 11>에 제시되어 있다.

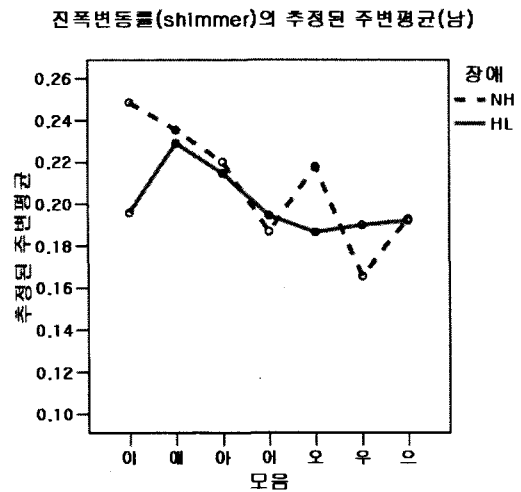


그림 10. 남성의 장애와 모음과 성별에 따른 진폭변동율의 추정된 주변 평균

Figure 10. Estimated marginal mean of shimmer across handicap, vowel and gender for male adults

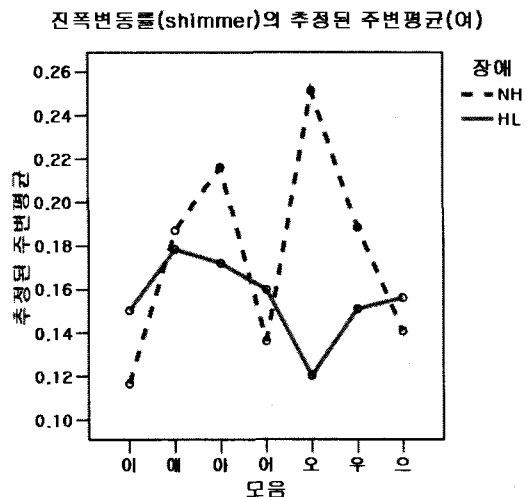


그림 11. 여성의 장애와 모음과 성별에 따른 진폭변동율의 추정된 주변 평균

Figure 3. Estimated marginal mean of shimmer across handicap, vowel and gender for female adults

<그림 10>과 <그림 11>에서 볼 수 있듯이 정상청력 성인과 청각장애 성인 사이의 모음에 대한 평균 차이가 남성에서보다 여성에서 상대적으로 크게 나타났다. 그리고 남성의 경우 전설 모음에서 후설모음으로 갈수록 진폭변동율이 작아지는 경향이

있는 반면 여성의 경우 이러한 경향을 발견하기 어렵다. 이와 같은 진폭변동을 차이가 장애와 성별과 모음 사이의 교호 작용의 원인으로 보인다.

4. 토론 및 결론

본 연구에서는 Praat을 이용하여 심도 청각장애 성인의 평균 기본주파수, 강도, 주파수변동율, 진폭변동율 등을 음향학적으로 분석하였고, 정상청력 성인과 어떤 차이가 있는지 살펴보았다.

연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 기본주파수는 청각장애 성인의 기본주파수가 정상청력 성인의 기본주파수보다 유의미하게 높았으며 여성이 남성보다 기본주파수가 유의미하게 높았다. 여성이 남성보다 기본주파수가 높은 것은 성대의 길이나 두께 등의 차이에 의한 것으로 이미 알려진 사실이며 고모음이 저모음보다 기본주파수가 높은 것은 모음고유기본주파수(intrinsic vowel F0)에 의한 것임도 이미 알려진 사실이다[15][16]. 청각장애 성인들은 남성과 여성 모두 정상청력 성인들에 비해 기본주파수가 높았으며 청각장애 성인 남성 중 몇몇은 정상청력 성인의 기본주파수만큼 높은 대상자도 있었다. 둘째, 강도는 정상청력 성인이 청각장애 성인의 강도보다 컸으며 남성이 여성보다 컸다. 그리고 전반적으로 저모음이 고모음보다 강도가 컸다. 강도에 있어서도 저모음의 강도가 고모음의 강도에 비해 큰 것은 모음고유강도(instinct vowel intensity) 때문인 것으로 보인다. 기본주파수와 강도에 대한 결과에서 청력 손실로 인해 청각적인 피드백이 충분하지 않으면 후두 조절이 원활하지 못해 음도가 너무 높거나 낮아지고, 강도도 너무 크거나 작아지며 이로 인해 말명료도도 낮아진다는 기존의 연구 결과와 일치한다[18]. [9]에서는 청각장애인의 강도가 정상청력인보다 높게 나타났으나 본 연구에서는 청각장애인의 강도가 더 낮았고 청각장애 남성의 경우에는 정상청력 남성과 강도에서 차이가 나지 않았다. 청각장애 남성과 여성 중 여성이 특별히 음도가 높고 음성 강도가 작은 것은 가성 발생 때문인 것으로 보인다. 셋째, 주파수변동율은 정상청력 성인이 청각장애 성인보다 컸고 여성이 남성보다 유의미하게 컸다. 그리고 전반적으로 후설모음이 전설모음보다 주파수변동율이 컸다. 넷째, 진폭변동율은 정상청력 성인이 청각장애 성인보다 그리고 남성이 여성보다 유의미하게 컸다. 남성의 경우 전설모음에서 후설모음으로 갈수록 진폭변동율이 작아지는 경향이 있었다. 주파수변동율과 진폭변동율은 음질과 관련된 변수로 주파수변동율은 기식 섞인 목소리(breathy voice)와 관련이 있고 진폭변동율은 거친 목소리(hoarse voice)와 관련이 있다. 본 연구 결과에서는 전반적으로 청각장애 성인이 정상청력 성인에 비해 주파수변동율이 낮았으며 특히 청각장애 여성의 주파수변동율이 낮았다. 진폭변동율도 정상청력 성인에 비해 청각장애 성인이 낮았다. 이는 [9]에서 진

폭변동율은 청각장애인이 정상청력인보다 더 낮았고, 주파수변동율은 청각장애인이 정상청력인보다 더 높았으며 청각장애인과 정상청력인 사이에 주파수변동율이나 진폭변동율의 차이는 크지 않은 것과 다른 결과이다. 본 연구에서는 [17]에서 /아, 이, 우/ 모음에 따라 음도, 강도, 주파수변동율, 진폭변동율 등이 다르게 나타났다는 보고에 따라 7개 모음에 대해 분석을 하였다. 그러므로 /아/ 모음만 발성하여 변수들을 측정한 것과는 다른 결과가 나타날 수 있을 것이며 대화 상황에서는 모음 하나의 특성만 반영되는 것이 아니므로 적어도 단모음들 사이에 어떤 다른 특성을 보이는지 살펴보는 것이 필요하다.

성대의 불안정한 진동 패턴은 비정상적인 발성을 야기하며 이 때 주파수변동율과 진폭변동율이 정상청력인의 수치보다 높게 나타날 수 있다. 그리고 청각장애인의 경우 음도가 높고 목소리가 불안정하게 들리지만 본 연구 대상자의 경우 주파수변동율과 진폭변동율은 정상청력인들보다 오히려 낮았다. 이러한 결과를 정리해 볼 때 청각장애인들은 음도, 강도, 음질 등의 목소리에 문제가 있으며 이러한 목소리 특성은 EGG나 음향분석을 통해 설명할 수 있다. 하지만 음질에 대한 특성을 고찰하는데 있어서 주파수변동율과 진폭변동율은 청각장애인들의 음질 특성을 설명하는 데 충분하지 않음을 알 수 있었다. 이는 청각장애인들이 보이는 음질의 문제는 음성장애 환자들과 같이 성대의 결합에서 오는 것이 아니기 때문인 것으로 보인다. 청각장애인들의 음질 특성을 잘 설명해 주는 변수들에 대한 고찰과 함께 고찰된 변수들을 적용하여 청각장애인들의 음질을 개선할 수 있는 방법과 청력 수준이나 연령에 따른 분석은 다음 연구 과제로 남긴다.

참 고 문 헌

- [1] Tiger Electronics Inc. (2001). Dr. Speech Manual. Seattle, USA,
- [2] Ferrand, C. T. (2007). Speech Science: An integrated approach to theory and clinical practice(2nd ed.). MA: Allyn and Bacon.
- [3] Ward, D., (1990). Voice-onset time and electroglottographic dynamics in stutterer's speech. *The British Journal of Disorders of Communication*. Vol. 25(1), pp.93-104.
- [4] Orlikoff, R. F. (1995). "Vocal stability and vocal tract configuration: an acoustic and electroglottographic investigation." *Journal of Voice*, Vol. 9(2), pp.173-181.
- [5] Vieira, M. N., McInnes, F. R. & Jack, M. A. (2002). On the influence of laryngeal pathologies on acoustic and electroglottographic jitter measures. *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol.111(2), pp.1045-1055.
- [6] 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(4), pp.783-793.
- [7] Lee, H. B., Kim, S. H. & Kim, Y. T. (1995). Phonology in Normal and Disordered Children. Seoul: Koyookwahaksa.

- (이현복, 김선희, 김영태, (1995). 어린이 발음의 진단과 치료; 정상아와 장애아의 음성-음운학. 서울: 교육과학사)
- [8] Kim, B. H., Kang, C. W. & Choi, Y. J. (1994). *Hearing Impairment and Language*. Daegu: Daegu University Press.
(김병하, 강창욱, 최영주, (1994). 청각장애와 언어, 대구: 대구대학교 출판부)
- [9] Huh, M. J. & Jeong, O. R., (1997). Acoustic characteristics of prelingual hearing impaired speaker. *Journal of Speech-Language & Hearing Disorders*. Vol. 6(1), 61-77.
(허명진, 정옥란, (1997). "언어습득 전 난청자의 음향학적 특성", 언어치료연구 6(1), pp.61-77.)
- [10] Cho, S. M. & Jeong, O. R. (2004). A correlation study between acoustic and physiologic parameters in voice patients. *Journal of Speech-Language & Hearing Disorders*. 13(3), 137-145.
(조성미, 정옥란, (2004). "음성장애인의 음향학적 측정치와 생리학적 측정치에 대한 상관관계 연구", 언어치료연구 13(3), pp. 137-145.)
- [11] Cho, S. Y. (2003). Characteristics of intonation in declarative and interrogative sentences by hearing impaired children. Unpublished master's thesis. University of Dangoon.
(조소영, (2003). 청각장애 아동의 평서문, 의문문에서의 억양 특성, 단국대학교 교육대학원 석사학위논문)
- [12] Higgins, M. B., Carney, A. E. & Omaha, N. E. (1994). Physiological assessment of speech and voice production of adults with hearing loss. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, Vol. 37(3), pp.510-521.
- [13] Choi, E. A. (2009). The acoustic characteristics on the speech of profound hearing-impaired adults and children. Ph.D. dissertation(in progress), Chungnam National University.
(최은아, (2009). 심도 청각장애 아동과 성인의 공명 및 음성 에 대한 음향음성학적 특성 연구. 충남대학교 대학원 박사학위논문(진행 중)).
- [14] Boersma, P. & Weenink, D. (2009). Praat: doing phonetics by computer (Version 5.1.20) [Computer program]. Retrieved October 31, 2009, from <http://www.praat.org/>
- [15] Lehiste, I. (1970). *Suprasegmentals*. Cambridge: The MIT Press.
- [16] Lim, M., Lin, E. & Bones, P. (2006). Vowel effect on glottal parameters and magnitude of jaw opening. *Journal of Voice*, Vol. 20(1), pp. 46-54.
- [17] Pyo, H. Y., Sim, H. S. & Song, Y. K., (2002). The acoustic study on the voices of Korean normal adults. *Korean journal of Speech Science*, Vol. 9(2), pp. 179-192.
(표화영, 심현섭, 송윤경 외, (2002). 한국성인의 정상음성에 관한 기본음성 측정치 연구. 음성과학 9(2), 179-192)
- **박한상(Park, Hansang)**
홍익대학교 영어교육과
서울특별시 마포구 상수동 72 - 1 번지
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, 장애음성분석
현재 충남대학교 인문대학 언어학과 교수
- **최은아(Choi, Eunah)**
충남대학교 대학원 언어병리학과
대전광역시 유성구 궁동 220
Tel: 042) 526-6875
E-mail: eunah-choi@hanmail.net
관심분야: 청각장애, 음성장애, 말과학
현재 충남대학교 언어병리학과 박사 수료