

심도 청각장애 성인의 발성 특성: 음원 스펙트럼의 기울기와 H1-H2를 중심으로

최은아^a · 박한상^{b,§}

^a소리언어청각센터, ^b홍익대학교 영어교육과

§ 교신저자

박한상
홍익대학교 영어교육과 교수
서울특별시 마포구 상수동
72-1번지
e-mail: phans@hongik.ac.kr
tel.: 02-320-1867

배경 및 목적: 본 연구는 청각장애 성인의 발성 특성을 살펴보기 위해 성인 화자에 대해 장애 (청각장애와 정상청력), 성별, 모음에 따른 음원 스펙트럼의 기울기와 H1-H2를 조사하였다. **방법:** 연구대상자들은 20명의 심도 이상 청각장애 성인과 정상청력 성인 20명이었고 대상자들에게 7개 모음(/이, 에, 아, 어, 오, 우, 으)을 5회 반복하여 무작위 순서로 배열한 카드를 읽게 하였다. 대상자들이 7개 모음을 읽는 동안 *NasalView*로 녹음하여 *Praat*으로 스펙트럼의 기울기와 H1-H2를 측정하였다. **결과:** H1-H2의 경우 남성은 청각장애 남성이 정상청력 남성에 비해 H1-H2가 더 큰 반면에 여성은 정상청력 여성이 청각장애 여성에 비해 H1-H2가 더 컸다. 스펙트럼 기울기의 절대값의 경우 남성은 청각장애 남성이 정상청력 남성에 비해 스펙트럼 기울기 절대값이 더 큰 반면에 여성은 정상청력 여성이 청각장애 여성에 비해 스펙트럼 기울기의 절대값이 더 컸다. **논의 및 결론:** 이러한 결과는 정상청력 성인의 경우 여성이 남성보다 상대적으로 기식 섞인 음성의 특성을 가지고 있다는 기존의 연구와 일치하지만 청각장애 성인의 경우 정반대의 결과를 보여준다. 이는 청각장애 성인의 경우 발성 시 적절한 발성 통제를 하지 못하고 있음을 의미한다. 『언어청각장애연구』, 2010;15:494-505.

핵심어: 발성, 음질, 음원 스펙트럼, H1, 스펙트럼 기울기, 심도 청각장애 성인

I. 서론

말소리 산출 시 기질적 또는 기능적인 문제로 호흡, 발성, 조음 패턴이 비정상적으로 나타나면 말명료도(intelligibility)가 낮아져서 청자에게 의미를 전달하는 것이 어려워질 수 있다. 청각장애인들은 청력 손실로 인한 말지각(speech perception) 능력의 결여로 인해 발성과 조음 등 말산출(speech production)에 문제를 지니게 된다. 그리고 이러한 말지각 능력은 청력 손실이 발생한 시기와 청력 손실 정도에 따라 달라질 수 있다(윤미선 외, 2005; Tye-Murray et al., 1995; Yoshinaga-Itano & Sedey, 2000). 특히 심도 이상 청각장애인들의 말명료도는 청력 손실의 정도와 부정 상관을 보인다(윤미선 · 이윤경 · 심현섭, 2000).

청각장애인들의 말소리 특성은 호흡, 발성, 조음 등

다양한 측면에서 연구되었다(김은연, 2010; 최은아, 2010). 특히 음질과 성대 진동의 규칙성을 주파수변동률(jitter), 진폭변동률(shimmer), 배음대소음비율(harmonic to noise ratio: HNR), 음도변이(F0 tremor), 강도변이(amplitude tremor), 성대접촉률(contact quotient: CQ) 등 다양한 변수들을 이용하여 분석하였다(최은아, 2010).

주파수변동률(jitter)은 성대 소음의 양과 관련된 것으로 기식 섞인 음성(breathy voice)의 특성을 나타낸다. 그리고 진폭변동률(shimmer)은 거친(hoarse) 음성 특성에 영향을 받는다. 주파수변동률과 진폭변동률은 성대진동의 주기성을 객관적으로 측정하여 음성장애의 유무, 중증도, 음질 측정, 환자의 음성 변화를 관찰하는데 사용된다. 이 변수들은 성대의 물리적 상태를 수치화한 것으로 근육 긴장도의 차이, 성대 점

■ 게재 신청일: 2010년 10월 20일 ■ 최종 수정일: 2010년 12월 5일 ■ 게재 확정일: 2010년 12월 8일

© 2010 한국언어청각임상학회 <http://www.kasa1986.or.kr>

막의 변화로 인한 성대 구조의 비대칭성, 성문폐쇄의 정도에 따른 기류의 불규칙성 및 불안정적인 조음기관의 움직임 등이 이 변수들에 영향을 미친다. 또한 음도, 강도, 음색 등에 문제가 발생하면 음질이 비정상적인 것으로 지각되는데 이를 음성장애라고 하며 음도가 낮고 강도가 클수록 음성장애가 심한 것으로 지각된다(Ferrand, 2007). 하지만 주파수변동률과 진폭변동률은 성대에 결합이 없는 장애군의 음질 특성을 설명해 주지 못 했다(Ward, 1990). 청각장애인들의 경우 주파수변동률과 진폭변동률이 정상청력인들보다 높다는 보고(허명진 · 정옥란, 1997)도 있고 차이가 없다는 보고(전은옥 · 고도홍, 2007; 최은아 · 박한상 · 성철재, 2009; 최은아 외, 2010)도 있다. 청각장애인들과 정상청력인들 사이에 주파수변동률과 진폭변동률의 차이가 없더라도 청각장애인들의 음성은 높은 음도, 지나치게 느린 발화속도, 과도한 강도, 목쉰 듯한 소리, 쥐어짜는 듯한 소리, 억양의 무변화 등 고유한 발성 특성을 보인다. 그리고 가성발성을 하거나, 발화 시 모음 발성 시간이 짧아 성대진동이 충분하지 못하고, 음도와 강도의 변이가 심하며 성대떨림이 나타나는 등 음질의 측면에서도 청각적으로 정상청력인들과 차이가 있었다(최은아, 2010; Campisi et al., 2005; Goffman, Ertmer & Erdle, 2002; Lee et al., 1997). 그러므로 주파수변동률이나 진폭변동률 이외의 청각장애인들의 음질을 설명할 수 있는 또 다른 변수가 요구된다.

H1-H2는 스펙트럼에서 첫 번째 조화음과 두 번째 조화음의 상대적인 진폭차이다. 즉, 스펙트럼에서 첫 번째 조화음(harmonic)의 진폭(H1)에서 두 번째 조화음의 진폭(H2)을 뺀 값이다. H1-H2는 성문의 개방 정도(glottal opening)와 관련된 것으로 알려져 있으며 상대적으로 큰 H1-H2는 발성 시 성문이 정상보다 많이 개방된 상태에서 발성되는 기식 섞인 음성(breathy voice)과 관련이 있고 상대적으로 작은 H1-H2는 발성 시 성문이 정상보다 꼭 닫힌 상태에서 발성되는 짜내는 음성(creaky voice)과 관련이 있다(박한상, 2007; Park, 2002; Stevens, 1999). 스펙트럼 기울기(spectral tilt)는 스펙트럼에서 주파수 증가에 따라 조화음 진폭이 감소하는 비율을 말한다. 보통 음성(modal voice)의 경우 주파수가 두 배 증가할 때마다 음원 스펙트럼의 진폭은 약 -12 dB/oct의 비율로 감소하는 반면에 기식 섞인 음성은 기울기가 상대적으로 급하고 짜내는 음성은 기울기가 상대적으로 완만하다(박한상, 2007;

Park, 2002; Stevens, 1999). 즉, 음원(glottal source)의 스펙트럼 기울기(spectral tilt)는 기식이 섞인 정도와 상당히 관련이 크다.

본 연구에서는 여과기(filter) 및 방출(radiation) 특성을 제거한 음원(voice source)에 대해 측정된 H1-H2와 스펙트럼 기울기(spectral tilt)를 청각장애인들의 음질 분석에 적용하여 청각장애 성인과 정상청력 성인 사이에 H1-H2와 스펙트럼 기울기가 차이가 있는지 그리고 이 변수들이 청각장애인들의 발성 특성을 얼마나 잘 설명해 줄 수 있는지 살펴보고자 한다. 본 연구는 상대적으로 보고가 드문 청각장애인들의 발성특성에 대해 결과를 소개한다는 점에서 의의가 있다. 그리고 방법론의 측면에서 통상 여과기 및 방출 특성이 모두 결합된 스펙트럼에서 H1-H2를 측정하는 방법과 달리 여과기(filter) 및 방출(radiation) 특성을 제거한 음원(voice source) 스펙트럼에 대해 H1-H2와 스펙트럼 기울기(spectral tilt)를 측정한다는 점에서 의의가 있다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

청각장애 성인에 대한 자세한 정보가 <표 - 1>에 제시되어 있다.

<표 - 1> 청각장애 성인 정보

| 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 |

(<표 - 1> 계속)

| ID | 성별 | 연령 | 청력(dB) | | 장애진단 시기(만) | |
|----|-----|----|--------|-------|------------|-----|
| | | | 교정 전 | 교정 후 | | |
| 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 | EHJ | f | 17 | 약 90 | 약 50 | 1세 |
| 평균 | | | | 93.5 | 56 | 2.4 |

본 연구는 대전, 충청권에 거주하는 18세~23세 청각장애 성인 20명(평균 연령 19세 9개월), 정상청력 성인 20명(평균 연령 22세)을 대상으로 하였다. 정상청력 성인(Normal Hearing: NH)과 청각장애 성인(Hearing Loss: HL) 모두 남녀 비율은 10:10이었다. 청각장애 성인들은 제한적이라도 구화로 의사소통을 할 수 있는 선천성 심도 청각장애인이었고 보청기를 착용하고 있었다. 청각장애 성인의 평균 청력은 보청기를 착용하지 않은 상태에서 약 93.5 dB였고, 보청기를 착용한 상태에서 약 56 dB였으며 이는 청력이 더 좋은 쪽 귀의 평균청력이다. 청각장애 성인의 경우 조음검사 결과 모음의 경우에는 정확도가 90% 이상으로 몇몇 대상자가 /아, 어, 오, 우, 으, 이, 애, 예, 외, 위/ 등 10개 모음 중 /위/를 /이/로 단모음화하는 것을 제외하고는 모두 정조음할 수 있었다. 정상청력 성인의 경우 청력 검사나 언어 평가를 실시하지는 않았으나 본인이 청력에 이상이 없다고 보고하였고, 연구자 중 1인이 음성녹음 중 언어와 말에 문제가 없는 것으로 판단한 성인들이었다.

2. 자료수집

실험참가자들은 조용한 치료실에서 *NasalView* 헤드마이크를 착용하고 /이, 애, 아, 어, 오, 우, 으/ 7개 모음을 무작위로 5회씩 반복 제시한 카드를 읽는 동안 *NasalView*로 녹음하였다. 저장된 음성의 표본추출률은 22,050 Hz였고 양자화비트는 16이었다. F1, F2, F3, F4가 처음으로 모두 나타나는 시점과 마지막으로 모두 나타나는 시점을 각각 모음의 시작과 종료 시점으로 설정하였다. *NasalView*에서 구강 및 비강의 두

채널로 녹음된 음성을 Praat을 이용하여 모노(mono)로 변환하였다.

H1-H2는 기본주파수에 영향을 받는다. 다른 조건이 같을 경우 기본 주파수가 높을수록 첫 두 조화음의 진폭이 높아지며 그 영향으로 진폭의 차이가 작아져 H1-H2가 점점 작아진다. H1-H2는 모음의 음가에도 영향을 받는다. 다른 조건이 같을 경우 F1 값이 낮은 고모음은 모음 포먼트의 영향으로 H2의 값이 상대적으로 높아 H1-H2가 다른 모음에 비해 작아질 수 있다. 이런 영향을 배제하기 위해서는 음원 여과기 이론에 따라 여과기의 특성을 걸러낼 필요가 있다. 본 연구에서는 다음과 같은 방법으로 기본주파수와 모음의 영향을 배제한 음원의 H1-H2와 음원의 스펙트럼의 기울기를 구하였다.

- (1) 성별과 연령에 따라 포먼트 상한을 다르게 설정한 후 그 값의 두 배를 재표본추출률로 설정하여 재표본추출(resampling)을 실시한다.
- (2) 재표본추출된 음성을 대상으로 선형예측코딩(Linear Predictive Coding: LPC, 이하 LPC) 분석을 실시한다.
- (3) 재표본추출된 음성과 LPC 분석 결과를 동시에 선택한 다음 역여과(inverse filtering)를 실시한다.
- (4) 입술에서의 방출(radiation) 특성을 제거하기 위해 역여과의 결과에 대해 고주파수감폭(de-emphasis)을 실시한다.
- (5) 각 프레임 별로 스펙트럼 변환 후 조화음만 추출하여 조화음의 주파수를 측정된 F0로 나눈다.
- (6) 첫 번째와 두 번째 조화음의 진폭차를 H1-H2로 계산한다.
- (7) 조화음의 진폭에 대해 선형회귀분석방법을 이용하여 스펙트럼의 기울기를 구한다.

Ⅲ. 연구 결과

1. H1-H2

장애, 성별, 모음별 H1-H2의 평균과 표준편차가 <표 - 2>에 제시되어 있다.

<표 - 2> 장애, 성별, 모음 별 H1-H2의 평균과 표준편차

| 장애 | 성별 | 모음 | N | H1-H2 (dB) | |
|----|-----|-------|-------|------------|-------|
| | | | | 평균 | 표준편차 |
| NH | 남 | 이 | 50 | 10.78 | 3.26 |
| | | 애 | 50 | 9.52 | 3.09 |
| | | 아 | 50 | 9.79 | 3.09 |
| | | 어 | 50 | 10.2 | 2.86 |
| | | 오 | 50 | 9.41 | 2.82 |
| | | 우 | 50 | 8.67 | 2.86 |
| | | 으 | 50 | 9.58 | 2.32 |
| | 합계 | 350 | 9.71 | 2.97 | |
| | 여 | 이 | 50 | 14.85 | 4.45 |
| | | 애 | 50 | 13.06 | 1.81 |
| | | 아 | 50 | 13.99 | 2.01 |
| | | 어 | 50 | 14.1 | 1.64 |
| | | 오 | 50 | 17.06 | 2.93 |
| | | 우 | 50 | 16.64 | 3.02 |
| 으 | | 50 | 18.81 | 3.17 | |
| 합계 | 350 | 15.51 | 3.45 | | |
| HL | 남 | 이 | 50 | 13.66 | 3.78 |
| | | 애 | 50 | 12.09 | 3.28 |
| | | 아 | 50 | 12.14 | 4.1 |
| | | 어 | 50 | 12.1 | 3.81 |
| | | 오 | 50 | 13.48 | 4.31 |
| | | 우 | 50 | 14.34 | 3.45 |
| | | 으 | 50 | 13.89 | 3.66 |
| | 합계 | 350 | 13.06 | 3.89 | |
| | 여 | 이 | 50 | 7.95 | 9.03 |
| | | 애 | 50 | 9.85 | 8.12 |
| | | 아 | 50 | 10.56 | 10.82 |
| | | 어 | 50 | 11.6 | 8.97 |
| | | 오 | 50 | 9.75 | 7.09 |
| | | 우 | 50 | 9.08 | 8.5 |
| 으 | | 50 | 7.74 | 9.21 | |
| 합계 | 350 | 9.51 | 8.96 | | |

<표 - 2>에 나타난 장애, 성별, 모음에 따른 H1-H2의 차이가 통계적으로 유의미한지 알아보기 위하여 H1-H2를 종속변수로 하고 장애, 성별, 모음을 독립변수로 하여 일변량삼요인분산분석(3-way ANOVA)을 실시하였다. 유의수준은 .05였으며 Tukey's HSD를 이용하여 사후 분석을 실시하였다. 그 결과가 <표 - 3>에 제시되어 있다.

<표 - 3> H1-H2의 삼요인분산분석 결과

| 주효과 또는 교호 작용 | 자유도 | F |
|--------------|------|------------|
| 장애 | 1 | 1130.96** |
| 성별 | 1 | 808.43** |
| 모음 | 6 | 88.78** |
| 장애 × 성별 | 1 | 14748.24** |
| 장애 × 모음 | 6 | 122.04** |
| 성별 × 모음 | 6 | 84.67** |
| 장애 × 성별 × 모음 | 6 | 420.76** |
| 오차 | 1372 | |

** p < .01 수준에서 유의함.

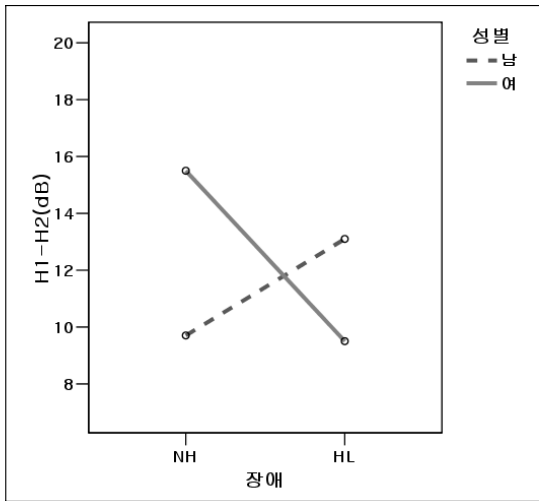
<표 - 3>에 나타나 있듯이 H1-H2에 대한 주효과 분석 결과 장애, 성별, 모음 모두에 대하여 집단 간에 유의미한 차이가 있었다. 첫째, 정상청력 성인과 청각장애 성인 사이에 유의미한 차이가 있었는데 정상청력 성인(12.25 dB)이 청각장애 성인(11.45 dB)보다 H1-H2가 더 컸다. 둘째, 남성과 여성 사이에도 차이가 있었는데 남성(11.51 dB)이 여성(12.20 dB)보다 H1-H2가 유의미하게 작았다. 셋째, 모음 사이에 유의미한 H1-H2 차이가 있었다. 7개의 모음 간 H1-H2 차이에 대한 사후분석 결과가 <표 - 4>에 제시되어 있다.

<표 - 4> H1-H2의 다중 비교 결과

| | 이 | 애 | 아 | 어 | 오 | 우 | 으 |
|---|--------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|
| 이 | | .68** | .25** | -.13 | -.39** | -.26** | -.49** |
| 애 | -.68** | | -.43** | -.81** | -1.07** | -.94** | -1.17** |
| 아 | -.25** | .43** | | -.37** | -.64** | -.5** | -.74** |
| 어 | .13 | .81** | .37** | | -.26** | -.13 | -.38** |
| 오 | .39** | 1.07** | .64** | .26** | | .13 | -.1** |
| 우 | .26** | .94** | .5** | .13 | -.13 | | -.24** |
| 으 | .49** | 1.17** | .74** | .37** | .1 | .24** | |

<표 - 4>에서 유의미한 차이가 나타나는 모음들을 볼 수 있다. <표 - 4>에 나타난 값은 세로 축 모음의 H1-H2 값에서 가로 축 모음의 H1-H2 값을 뺀 것이다.

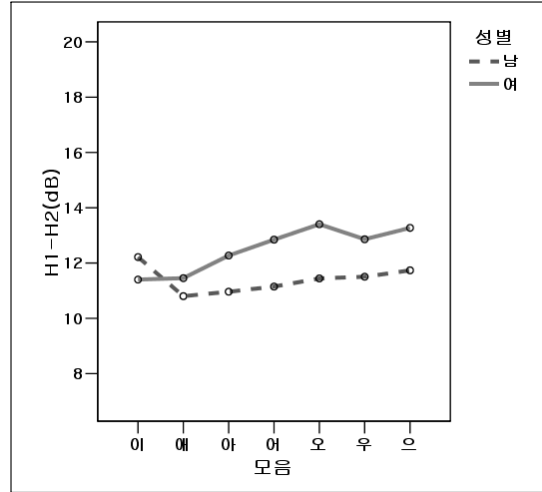
H1-H2에 대한 교호 작용 분석 결과 장애와 성별, 장애, 모음 등의 변인 사이에 교호 작용이 있었다. 장애와 성별, 장애와 모음, 성별과 모음, 장애와 성별과 모음 사이의 교호 작용의 원인을 살펴볼 수 있는 추정된 주변평균이 <그림 - 1> ~ <그림 - 5>에 제시되어 있다.



<그림 - 1> 장애와 성별에 따른 H1-H2의 추정된 주변평균

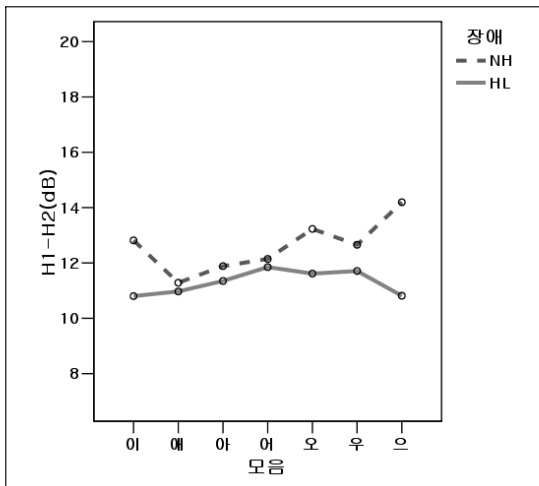
<그림 - 1>에서 남성의 경우 정상청력 성인보다 청각장애 성인이 H1-H2가 크고 여성의 경우에는 정상청력 성인이 청각장애 성인보다 H1-H2가 컸다. 그리고 성별에 따라 각 집단의 값이 교차하는데 이런 교차 현상이 장애와 성별 사이의 교호 작용의 원인으로 보인다.

는 7개 모음의 H1-H2 차이가 장애와 모음 사이의 교호 작용의 원인으로 보인다.



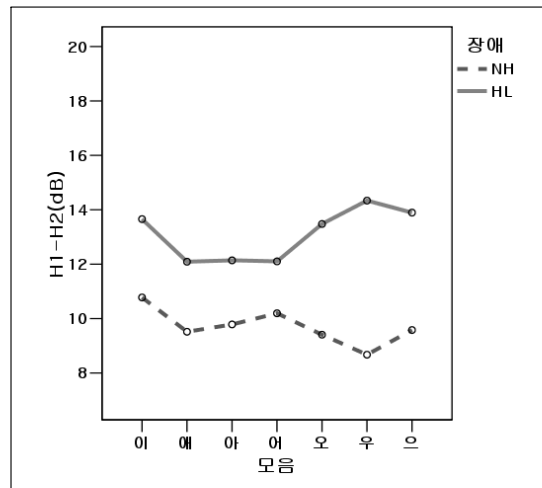
<그림 - 3> 성별과 모음에 따른 H1-H2의 추정된 주변평균

<그림 - 3>에 나타나 있듯이 /이/를 제외한 모든 모음에서 남성의 H1-H2보다 여성의 H1-H2가 컸으며 후설모음으로 갈수록 남성과 여성 간의 H1-H2 차이가 컸다. 이와 같이 성별에 따라 다르게 나타나는 모음의 H1-H2 차이가 성별과 모음 사이의 교호 작용의 원인으로 보인다.

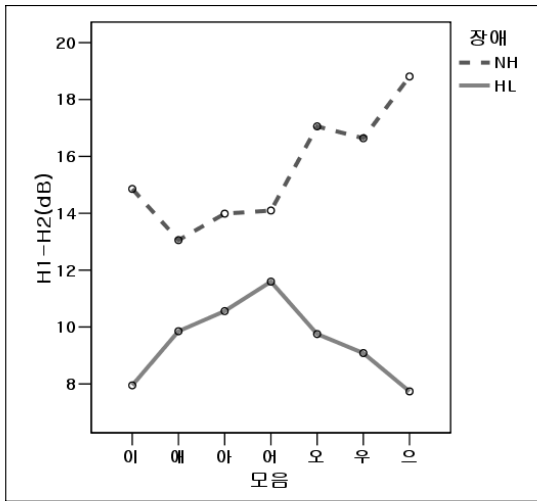


<그림 - 2> 장애와 모음에 따른 H1-H2의 추정된 주변평균

<그림 - 2>에 나타나 있듯이 /애/, /아/ /어/ 등의 모음에서는 정상청력 성인과 청각장애 성인 사이에 차이가 크지 않으나 /이/, /오/, /우/, /어/ 등의 모음에서는 정상청력 성인과 청각장애 성인 사이에 차이가 컸다. 이와 같이 모음에 따라 장애 집단 별로 다르게 나타나



<그림 - 4> 남성의 장애와 모음에 따른 H1-H2의 추정된 주변평균



<그림 -5> 여성의 장애와 모음에 따른 H1-H2의 추정된 주변평균

<그림 -4>와 <그림 -5>에서 볼 수 있듯이 장애와 성별과 모음에 따른 분석에서 남성은 청각장애 성인이 정상청력 성인보다 H1-H2가 컸으나 여성은 정상청력 성인이 청각장애 성인보다 H1-H2가 더 컸다. 남성과 여성 모두 /오/, /우/, /으/ 등의 모음에서 청각장애 성인과 정상청력 성인 사이의 H1-H2 차이가 더 크게 나타났다. 이와 같이 모음에 따라 다르게 나타나는 H1-H2의 차이가 장애, 성별, 모음 사이의 교호 작용의 원인으로 보인다.

2. 스펙트럼 기울기

장애, 성별, 모음별 스펙트럼 기울기의 평균과 표준편차가 <표 -5>에 제시되어 있다.

<표 -5> 장애, 성별, 모음 별 스펙트럼 기울기의 평균과 표준편차

| 장애 | 성별 | 모음 | N | 스펙트럼 기울기 | |
|----|----|----|-----|----------|------|
| | | | | 평균 | 표준편차 |
| NH | 남 | 이 | 50 | -1.82 | 0.06 |
| | | 애 | 50 | -1.85 | 0.07 |
| | | 아 | 50 | -1.87 | 0.07 |
| | | 어 | 50 | -1.87 | 0.08 |
| | | 오 | 50 | -1.85 | 0.07 |
| | | 우 | 50 | -1.84 | 0.06 |
| | | 으 | 50 | -1.84 | 0.06 |
| | | 합계 | 350 | -1.85 | 0.07 |

(<표 -5> 계속)

| 장애 | 성별 | 모음 | N | 스펙트럼 기울기 | | | |
|----|-----|----|-----|----------|------|-------|------|
| | | | | 평균 | 표준편차 | | |
| NH | 여 | 이 | 50 | -1.82 | 0.10 | | |
| | | 애 | 50 | -1.89 | 0.10 | | |
| | | 아 | 50 | -1.94 | 0.09 | | |
| | | 어 | 50 | -1.93 | 0.09 | | |
| | | 오 | 50 | -1.91 | 0.11 | | |
| | | 우 | 50 | -1.91 | 0.12 | | |
| | | 으 | 50 | -1.85 | 0.09 | | |
| | | 합계 | 350 | -1.89 | 0.11 | | |
| | | HL | 남 | 이 | 50 | -1.87 | 0.09 |
| | | | | 애 | 50 | -1.86 | 0.08 |
| 아 | 50 | | | -1.86 | 0.08 | | |
| 어 | 50 | | | -1.87 | 0.09 | | |
| 오 | 50 | | | -1.87 | 0.11 | | |
| 우 | 50 | | | -1.88 | 0.09 | | |
| 으 | 50 | | | -1.87 | 0.08 | | |
| 합계 | 350 | | | -1.87 | 0.09 | | |
| NH | 여 | | | 이 | 50 | -1.74 | 0.26 |
| | | | | 애 | 50 | -1.8 | 0.22 |
| | | 아 | 50 | -1.87 | 0.22 | | |
| | | 어 | 50 | -1.91 | 0.21 | | |
| | | 오 | 50 | -1.88 | 0.22 | | |
| | | 우 | 50 | -1.88 | 0.24 | | |
| | | 으 | 50 | -1.77 | 0.23 | | |
| | | 합계 | 350 | -1.83 | 0.24 | | |

<표 -5>에서 절대값이 크면 스펙트럼의 기울기가 더 급격하다는 것을 나타낸다. 장애, 성별, 모음에 따른 스펙트럼 기울기의 차이가 통계적으로 유의미한지 알아보기 위하여 스펙트럼 기울기를 종속변수로 하고 장애, 성별, 모음을 독립변수로 하여 삼요인분산분석(3-way ANOVA)을 실시하였다. 유의수준은 .05였으며 Tukey's HSD를 이용하여 사후분석을 실시하였다. 그 결과가 <표 -6>에 제시되어 있다.

<표 -6> 스펙트럼 기울기의 삼요인분산분석 결과

| 주효과 또는 교호 작용 | 자유도 | F |
|--------------|------|-----------|
| 장애 | 1 | 382.6** |
| 성별 | 1 | 19.95** |
| 모음 | 6 | 525.05** |
| 장애 × 성별 | 1 | 1608.08** |
| 장애 × 모음 | 6 | 37.68** |
| 성별 × 모음 | 6 | 300.06** |
| 장애 × 성별 × 모음 | 6 | 58.4** |
| 오차 | 1372 | |

** p < .01

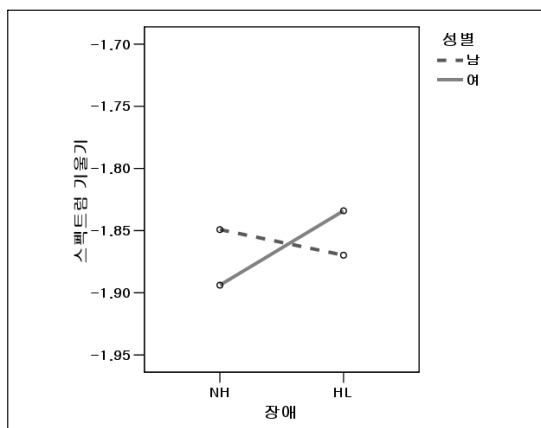
스펙트럼 기울기의 주효과 분석 결과 장애, 성별, 모음 모두 집단 간에 유의미한 차이가 있었다. 첫째, 정상청력 성인과 청각장애 성인 사이에 유의미한 차이가 있었는데 청각장애 성인(-1.85)이 정상청력 성인(-1.87)보다 스펙트럼 기울기가 더 완만했다. 둘째, 남성과 여성 사이에서도 차이가 있었는데 남성(-1.85)이 여성(-1.87)보다 스펙트럼 기울기가 유의미하게 완만했다. 셋째, 모음 사이에 유의미한 스펙트럼 기울기 차이가 있었다. 7개의 모음 간 스펙트럼 기울기 차이에 대한 사후 분석 결과가 <표-7>에 제시되어 있다.

<표-7> 스펙트럼 기울기의 다중 비교 결과

| | 이 | 애 | 아 | 어 | 오 | 우 | 으 |
|---|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| 이 | | .04** | .06** | .08** | .06** | .06** | .02** |
| 애 | -.04** | | .03** | .04** | .02** | .02** | -.02** |
| 아 | -.06** | -.03** | | .01** | .00 | .00 | -.04** |
| 어 | -.08** | -.04** | -.01** | | -.02** | -.02** | -.06** |
| 오 | -.06** | -.02** | .00 | .02** | | .00 | -.04** |
| 우 | -.06** | -.02** | -.00 | .02** | .00 | | -.04** |
| 으 | -.04** | .02** | .04** | .06** | .04** | .04** | |

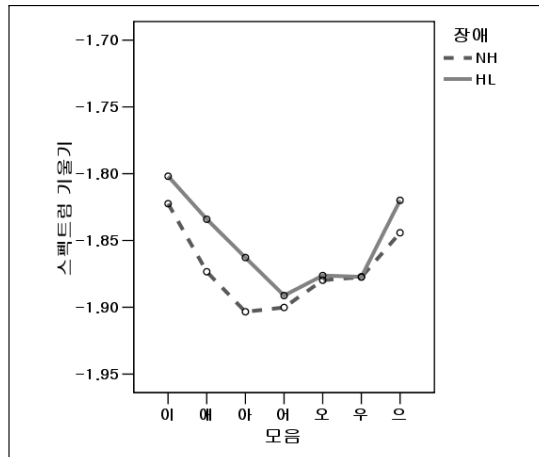
<표-7>에서 유의미한 차이가 나타나는 모음들을 볼 수 있다. <표-7>에 나타난 값은 세로 축 모음의 스펙트럼 기울기 값에서 가로 축 모음의 스펙트럼 기울기 값을 뺀 것이다.

ANOVA 분석 결과 스펙트럼 기울기는 장애와 성별, 장애와 모음, 성별과 모음, 장애와 성별과 모음 사이에 교호 작용이 있었다. 장애와 성별, 장애와 모음, 성별과 모음, 장애와 성별과 모음 사이의 교호 작용의 원인을 살펴볼 수 있는 스펙트럼 기울기의 추정된 주변평균이 <그림-6>~<그림-10>에 제시되어 있다.



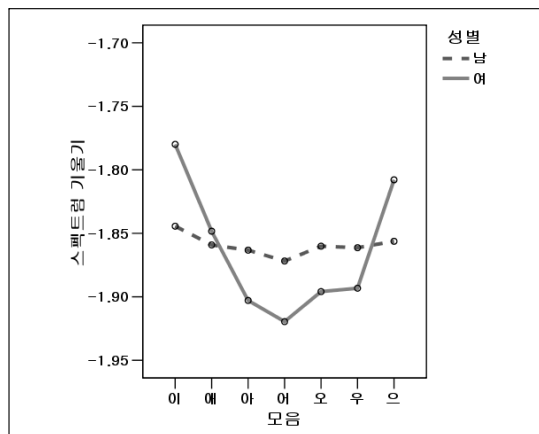
<그림-6> 장애와 성별에 따른 스펙트럼 기울기의 추정된 주변평균

<그림-6>에 나타나 있듯이 남성의 경우 정상청력 성인보다 청각장애 성인이 스펙트럼의 기울기의 절대값이 더 크고 여성의 경우에는 정상청력 성인이 청각장애 성인보다 스펙트럼의 기울기의 절대값이 더 컸다. 그리고 성별에 따라 각 집단의 값이 교차하는데 이런 교차 현상이 장애와 성별 사이의 교호 작용의 원인으로 보인다.



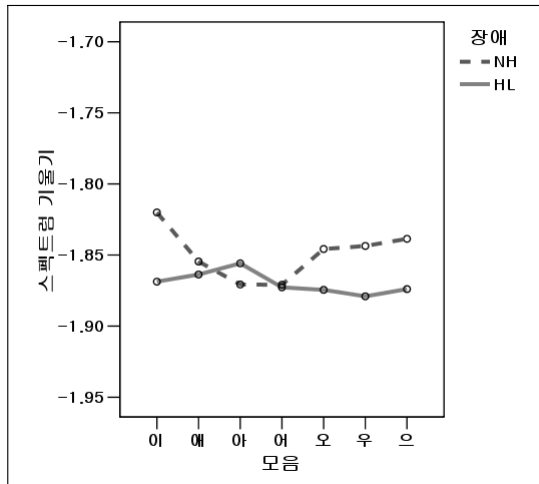
<그림-7> 장애와 모음에 따른 스펙트럼 기울기의 추정된 주변평균

<그림-7>에 나타나 있듯이 모든 모음에 걸쳐 청각장애 성인보다 정상청력 성인의 스펙트럼 기울기의 절대값이 더 크다. 그리고 /어/, /오/, /우/의 경우 청각장애 성인과 정상청력 성인 사이의 차이가 별로 없으나 다른 모음에서는 두 집단 사이의 차이가 상대적으로 컸다. 이와 같이 모음에 따라 나타나는 청각장애 성인과 정상청력 성인 사이의 스펙트럼 기울기 차이가 장애와 모음 사이의 교호 작용의 원인으로 보인다.

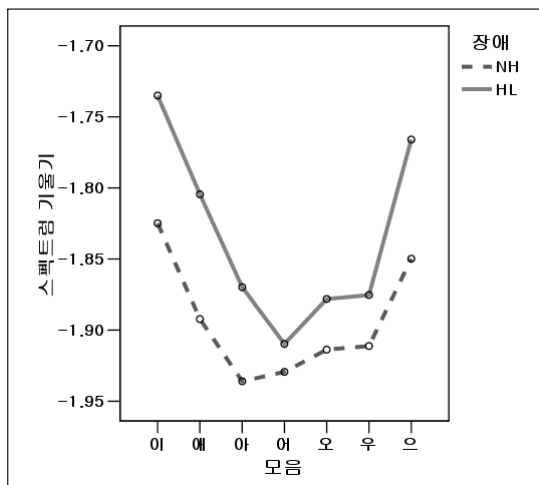


<그림-8> 성별과 모음에 따른 스펙트럼 기울기의 추정된 주변평균

<그림 - 8>에 나타나 있듯이 남성의 경우에는 모음 사이에 별 차이가 없으나 여성의 경우에는 모음 사이에 큰 차이가 나타난다. /이/, /애/, /으/의 경우 남성이 여성보다 스펙트럼 기울기의 절대값이 더 크지만 나머지 모음의 경우 여성이 남성보다 스펙트럼 기울기의 절대값이 더 크다. 이와 같이 모음에 따라 다르게 나타나는 남성과 여성 사이의 스펙트럼 기울기 교차 현상이 모음과 성별 사이의 교호 작용의 원인으로 보인다.



<그림 - 9> 남성의 장애와 모음에 따른 스펙트럼 기울기의 추정된 주변평균



<그림 - 10> 여성의 장애와 모음에 따른 스펙트럼 기울기의 추정된 주변평균

<그림 - 9>과 <그림 - 10>을 통해 볼 수 있듯이 남성과 여성은 서로 다른 패턴을 보인다. 남성의 경우

모음에 따른 스펙트럼의 기울기 차이가 별로 없으나 여성의 경우 모음에 따른 스펙트럼의 기울기 차이가 크다. <그림 - 9>에 나타나 있듯이 남성의 경우 /아/를 제외한 모든 모음에서 청각장애 성인의 스펙트럼 기울기의 절대값이 더 크다. 그리고 /애/, /아/, /어/ 등의 모음에서는 정상청력 성인과 청각장애 성인의 스펙트럼 기울기 차이가 크지 않으나 나머지 모음에서는 상대적으로 크게 나타난다. 그리고 <그림 - 10>에서 볼 수 있듯이 여성의 경우 모든 모음에 걸쳐 청각장애 성인보다 정상청력 성인의 스펙트럼 기울기의 절대값이 더 크다. 그리고 /이/, /오/, /우/ 등의 모음에서는 청각장애 성인과 정상청력 성인 사이의 스펙트럼 기울기 차이가 별로 없으나 나머지 모음에서는 청각장애 성인과 정상청력 성인 사이의 스펙트럼 기울기 차이가 상대적으로 크다. 이와 같이 성별에 따른 장애와 모음 사이의 스펙트럼 기울기 차이가 장애, 성별, 모음 사이의 교호 작용의 원인으로 보인다.

IV. 논의 및 결론

본 연구에서는 Praat을 이용하여 심도 청각장애 성인의 음원 스펙트럼의 기울기와 H1-H2를 측정하여 정상청력 성인과 어떤 차이가 있는지 살펴보았다. 연구 결과를 정리하면 모음에 따라 차이가 있기는 하지만 정상청력 성인과 청각장애 성인의 성별에 따른 차이를 뚜렷이 볼 수 있었다. 먼저 H1-H2의 경우 <그림 - 1>에서 본 바와 같이 정상청력 여성이 정상청력 남성보다 더 컸으나 청각장애 남성이 청각장애 여성보다 더 컸다.

H1-H2는 성문 개방과 관련된 변수로 기식 섞인 음성(breathy voice)처럼 발성 시 성대가 열려 있는 부분이 있으면 H1-H2가 커지며 일반적으로 여성의 음성이 남성의 음성보다 H1-H2가 크다(Hanson, 1997; Klatt & Klatt, 1990; Park, 2002; Stevens, 1999). 본 연구의 결과 정상청력 성인의 경우 여성이 남성보다 H1-H2가 더 크고 여성이 남성보다 더 기식 섞인 음성을 산출하는 것은 선행연구와 부합하는 결과다. 반면에 청각장애 성인의 경우 남성이 여성보다 H1-H2가 더 큰 것으로 나타나 청각장애 남성이 여성보다 더 기식 섞인 음성을 산출하는 것으로 보인다.

스펙트럼 기울기의 경우 <그림 - 6>에서 본 바와 같이 정상청력 여성이 정상청력 남성보다 절대값이

더 큰 반면 청각장애 남성이 청각장애 여성보다 절대값이 더 컸다. 스펙트럼의 기울기도 H1-H2와 마찬가지로 성문 개방과 관련된 변수이며 기식 섞인 음성(breathy voice)처럼 발성 시 성대가 열려 있는 부분이 있으면 스펙트럼의 기울기의 절대값이 커지고 일반적으로 여성의 음성이 남성의 음성보다 스펙트럼의 기울기의 절대값이 더 크다(Park, 2002; Stevens, 1999). 스펙트럼 기울기의 절대값이 큰 것은 기식 섞인 음성을 산출하는 것을 의미하며 H1-H2에서와 마찬가지로 스펙트럼 기울기의 절대값도 정상청력 여성이 남성보다 더 크고 여성이 남성보다 더 기식 섞인 음성을 산출하고 있음을 재차 확인할 수 있었다. 청각장애 성인의 경우 H1-H2의 결과와 마찬가지로 남성이 여성보다 스펙트럼 기울기의 절대값이 더 크고 남성이 여성보다 더 기식 섞인 음성을 산출하고 있었다. H1-H2와 스펙트럼 기울기의 결과 모두 청각장애 성인의 경우 정상청력 성인과 반대의 결과를 보이는 것이 흥미롭다.

본 연구에서 음질을 나타내는 음향 매개변수인 음원 스펙트럼의 기울기와 H1-H2는 모두 동일한 패턴을 보여준다. 즉 정상청력 여성이 정상청력 남성보다 기식 섞인 음성의 특성을 보여주고 반대로 청각장애 남성이 청각장애 여성보다 더 기식 섞인 음성의 특성을 보여준다. 청각장애 성인이 정상청력 성인과 전혀 다른 패턴을 보이는 것은 아마도 남녀를 불문하고 목소리를 통제하는 기능이 제대로 작동되고 있지 않기 때문일 가능성이 높다. 이것이 모든 청각장애 성인에게서 일관되게 나타나는 패턴인지 단정하기 어려워 본 연구 결과만으로 청각장애 성인의 발성 경향을 일반화하기가 조심스러운 면이 없지 않다. 음성 경향을 언급하기 위해선 청지각적인 평가도 동시에 진행될 필요가 있는 것으로 보인다.

청각장애인들의 음질 특성을 잘 설명해 주는 변수들에 대한 고찰과 함께 이 논문에서 이용한 변수들을 적용하여 청각장애인들의 음질을 개선할 수 있는 방법과 청력 수준이나 연령에 따른 분석은 다음 연구 과제로 남긴다.

참 고 문 헌

김은연(2010). 선천성 심도 청각장애 성인의 공명 문제 평가: 연인두 기능 검사에 기초하여. 연세대학교 대학원 박사학위논문.

- 박한상(2007). 한국어 자음군의 후행모음에 나타난 발성 유형의 음향음성학적 연구. 『말소리』, 64, 53-76.
- 윤미선 · 이윤경 · 심현섭(2000). 청각장애아동의 말명료도에 영향을 미치는 화자요인. 『언어청각장애연구』, 5(2), 91-105.
- 윤미선 · 심현섭 · 장선오 · 김중선(2005). 선천성 심도 청각장애 아동의 와우이식 후 말명료도 예측변인. 『언어청각장애연구』, 10(3), 144-158.
- 전은옥 · 고도홍(2007). 인공와우 이식시기에 따른 아동의 음질 특성. 『음성과학』, 14(4), 213-220.
- 최은아 · 박한상 · 성철재(2009). 심도 청각장애 성인의 발성 특성: 강도, 음도 및 그 변동률을 중심으로. 『말소리와 음성과학』, 1(4), 177-185.
- 최은아 · 박한상 · 성철재(2010). 심도 청각장애 아동의 발성 특성: 강도, 음도 및 그 변동률을 중심으로. 『말소리와 음성과학』, 2(1), 135-145.
- 최은아(2010). 심도 청각장애 아동과 성인 음성의 음향음성학적 특성. 충남대학교 대학원 박사학위논문.
- 허명진 · 정옥란(1997). 언어습득 전 난청자의 음향학적 특성. 『언어치료연구』, 6(1), 61-77.
- Campisi, P., Low, A., Papsin, B., Mount, R., Cohen K., R., & Harrison, R. (2005). Acoustic analysis of the voice pediatric cochlear implant recipients: A longitudinal study. *The Laryngoscope*, 115, 1046-1050.
- Ferrand, C. T. (2007). *Speech science: An integrated approach to theory and clinical practice* (2nd ed.). Boston, MA: Allyn and Bacon.
- Goffman, L., Ertmer, D., & Erdle, C. (2002). Changes in speech production in a child with a cochlear implant: Acoustic and kinematic evidence. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 45, 891-901.
- Hanson, H. M. (1997). Glottal characteristics of female speakers: Acoustic correlates. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 101(1), 466-481.
- Klatt, D. H., & Klatt, L. C. (1990). Analysis, synthesis, and perception of voice quality variations among female and male talkers. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 87(2), 820-857.
- Lee, S. H., Huh, M. J., Jeoung, O. R., & Cho, T. H. (1997). Acoustic characteristics of Korean deaf speakers. *Korean Journal of Speech Science*, 2, 89-94.
- Park, H. S. (2002). *Temporal and spectral characteristics of Korean phonation types*. Seoul: Hanbitmunhwa.
- Stevens, K. N. (1999). *Acoustic phonetics*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Tye-Murray, N., Spencer, L., & Gilbert-Bedia, E. (1995). Relationships between speech production and speech perception skills in young cochlear-implant users. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 98(5), 2454-2460.
- Ward, D. (1990). Voice-onset time and electroglottographic dynamics in stutterer's speech. *The British Journal of Disorders of Communication*, 25(1), 93-104.

Yoshinaga-Itano, C., & Sedey, A. L. (2000). Early speech development of children who are deaf or hard of

hearing: Interrelationship with language and hearing. *Volta Review*, 100(5), 181-211.

* 본 연구는 제 1저자의 박사학위논문(2010)의 일부 자료를 발췌하여 재분석한 것임.

ABSTRACT

Phonation Characteristics in the Voices of Adults with Profound Hearing-Impairment: Reference to H1-H2 and Spectral Tilt of the Source Spectrum

Eunah Choi^a · Hansang Park^b

^a *Soree Language and Hearing Center, Daejeon, Korea*

^b *Department of English Education, Hongik University, Seoul, Korea*

Background & Objectives: The present study investigates the differences in H1-H2 and spectral tilt of the source spectrum among adult speakers by handicap (impaired or normal hearing), gender, and vowels. **Methods:** Twenty hearing-impaired adults (HL: Hearing Loss) and 20 normal-hearing adults (NH: Normal Hearing) were asked to read 7 Korean vowels (/a, ʌ, o, u, w, i, ɛ/). Subjects' readings were recorded by *NasalView* and analyzed by *Praat*. **Results:** Results showed that H1-H2 was significantly higher in the HL group than in the NH group for male adults but opposite for the female adults. The results also showed spectral tilt was significantly steeper in the HL group than in the NH group for the male adults but opposite for the female adults. **Discussion & Conclusion:** The results from the present study are in agreement with the findings of previous studies. For the NH group, the female speakers had a breathier voice than the male speakers. However, the HL group showed an opposite pattern, suggesting the HL group failed to control the phonation mechanism properly. (*Korean Journal of Communication Disorders* 2010;15:494-505)

Key Words: phonation, source spectrum, H1-H2, spectral tilt, voice quality, profound hearing loss adult

[§] *Correspondence to*

Prof. Hansang Park, PhD,
Department of English
Education,
Hongik University, 72-1
Sangsu-dong, Mapo-gu,
Seoul, Korea
e-mail: phans@hongik.ac.kr
tel.: + 82 2 320 1867

REFERENCES

- Campisi, P., Low, A., Papsin, B., Mount, R., Cohen K., R., & Harrison, R. (2005). Acoustic analysis of the voice pediatric cochlear implant recipients: A longitudinal study. *The Laryngoscope*, 115, 1046-1050.
- Choi, E. A. (2010). *The acoustic characteristics on the speech of profound hearing-impaired adults and children*. Unpublished doctoral dissertation. Chungnam National University, Daejeon.
- Choi, E. A., Park, H. S., & Seong, C. J. (2009). The phonatory characteristics of the profound hearing-impaired adults' voice: With reference to F0, intensity and their perturbations. *Phonetics and Speech Science*, 1(4), 177-185.
- Choi, E. A., Park, H. S., & Seong, C. J. (2010). The phonatory characteristics of the profound hearing-impaired children's voice: With reference to F0, intensity and their perturbations. *Phonetics and Speech Science*, 2(1), 135-145.
- Ferrand, C. T. (2007). *Speech science: An integrated approach to theory and clinical practice* (2nd ed.). Boston, MA: Allyn and Bacon.
- Goffman, L., Ertmer, D., & Erdle, C. (2002). Changes in speech production in a child with a cochlear implant: Acoustic and kinematic evidence. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 45, 891-901.
- Hanson, H. M. (1997). Glottal characteristics of female speakers: Acoustic correlates. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 101(1), 466-481.
- Huh, M. J., & Jeoung, O. R. (1997). Acoustic characteristics of prelingual hearing impaired speaker. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 6(1), 61-77.
- Jun, E. O., & Ko, D. H. (2007). The voice quality of the children with cochlear implant according to the time. *Speech Sciences*, 14(4), 213-220.
- Kim, E. Y. (2010). *Evaluation of resonance problems in severe*

■ Received October 20, 2010 ■ Final revision received December 5, 2010 ■ Accepted December 8, 2010

© 2010 The Korean Academy of Speech-Language Pathology and Audiology <http://www.kasa1986.or.kr>

- congenital hearing impaired adults: Via velopharyngeal function examination. Unpublished doctoral dissertation. Yonsei University, Seoul.
- Klatt, D. H., & Klatt, L. C. (1990). Analysis, synthesis, and perception of voice quality variations among female and male talkers. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 87(2), 820-857.
- Lee, S. H., Huh, M. J., Jeoung, O. R., & Cho, T. H. (1997). Acoustic characteristics of Korean deaf speakers. *Korean Journal of Speech Science*, 2, 89-94.
- Park, H. S. (2002). *Temporal and spectral characteristics of Korean phonation types*. Seoul: Hanbitmunhwa.
- Park, H. S. (2007). An acoustic study of phonation types in vowels following consonant clusters in Korean. *Malsori*, 64, 53-76.
- Stevens, K. N. (1999). *Acoustic phonetics*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Tye-Murray, N., Spencer, L., & Gilbert-Bedia, E. (1995). Relationships between speech production and speech perception skills in young cochlear-implant users. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 98(5), 2454-2460.
- Ward, D. (1990). Voice-onset time and electroglottographic dynamics in stutterer's speech. *The British Journal of Disorders of Communication*, 25(1), 93-104.
- Yoon, M., Lee, Y. K., & Sim, H. S. (2000). The relationship between intelligibility and related factors of speakers in prelingually hearing impaired children using hearing aids. *Korean Journal of Communication Disorders*, 5(2), 91-105.
- Yoon, M., Sim, H. S., Chang, S. O., & Kim, C. S. (2005). Predictor variables of speech intelligibility after cochlear implant in Korean prelingually deafened children. *Korean Journal of Communication Disorders*, 10(3), 144-158.
- Yoshinaga-Itano, C., & Sedey, A. L. (2000). Early speech development of children who are deaf or hard of hearing: Interrelationship with language and hearing. *Volta Review*, 100(5), 181-211.

* Some of the data in this paper were obtained and reanalyzed from the doctoral dissertation of the first author(2010).