

청각장애 아동의 인공와우 착용기간에 따른 모음 /i/ 음형대의 변화 연구

The Study for /i/ Formant Change of Hearing Impaired Children with Cochlear Implantation

허 명 진* · 이 상 혼** · 최 성 규***

Huh, Myung Jin · Lee, Sang Heun · Choi, Sung Kyu

ABSTRACT

This study was analyzed to change of /i/ formant follow cochlear implantation periods for hearing impaired children with cochlear implantation. 20 hearing impaired children participated and acoustic analysis of /i/ was used CSL(Computerized Speech Lab; Model 4300b) annually . The data was captured the first formant, 2nd & 3th formant frequency of /i/ and was analyzed using ANOVA. Multiple range test to investigate difference between group was treat with LSD and Duncan. The results of /i/ formant analysis for hearing impaired children with cochlear implantation, each formant at a year keeping with cochlear implantation was located at high frequency. In accordance with CI periods, the each formant decreased significantly, especially between a year and 2nd year taking with cochlear implantation.

Keywords: hearing impaired children, Formant, cochlear implantation

1. 서론

화자의 말소리를 청자가 듣기까지 성대에서 나오는 음원은 'buzz' 같은 작은 소리에 불과하지만, 후두에서 음원이 성도를 통해 지나가면서 공명이 일어나게 되고 우리가 인식할 수 있는 소리의 크기로 들을 수 있게 된다. 음향학적인 공명이라 하면, 닫힌 공간에서 공기의 반응인데 소리의 어떤 구성성분은 증폭되고 다른 구성성분은 감소되어 음향학적인 에너지가 재분배가 이루어지는 것이다. 성문을 통해 나오는 공기흐름이 구강내의 협착지점이나 좁혀지는 곳, 협착정도에 따라 음형대를 형성하게 된다. 음형대는 입술의 열고 닫힘, 혀의 높낮이, 혀의 전후방의 수축의 영향을 받게 된다(김기호 외, 2000). 음형대는 입술의 모양과 혀의 높낮이, 전후방의 움직임, 경직 등에 의해 영향을 받는다는 것은 조음기관의 움직임과 무척 상관관계가 있음을 알 수 있다. 조음적인 습관은 청각적인 피드백을 통해 자기수정과 교정이 이루어질 것이며, 자신이 속해 있는 사회적인 배경에서 사용하는

* 경북대학교병원 언어난청클리닉

** 경북대학교 이비인후과 교실

*** 대구대학교 특수교육학과(교신저자)

언어를 정확하게 산출할 수 있게 될 것이다. 정확한 조음 산출을 하기위해 충분한 청각적인 피드백은 매우 중요하다.

일반적으로 조음을 분석해보면 발음한 모음 속에서 매우 다양한 주파수대의 음형대를 볼 수 있다. Ross와 Giolast(1996)은 미국의 10개의 모음의 기본주파수와 음형대를 성인 남녀 및 아동으로 나누어 분석해 두었다. 이들은 각각의 모음에서 어음인식에 영향을 주는 제 1, 2, 및 3 음형대를 중심으로 제시 해두었다. 건청인들은 조음의 다양한 주파수대역을 갖고 있는 음형대를 모두 들을 수 있기 때문에 조음을 구별해서 인식하는데 비해, 감음신경성 청각장애 아동들은 4000 Hz 이상에 위치한 음형대는 음향학적인 증폭이 일어나지 않으므로 어음을 구별하는 것이 어려운 것이다.

건청 성인 남녀와 아동의 제 1, 2, 및 3 음형대 주파수대역이 다소 차이가 있지만, 우리는 동일한 모음으로 인식할 수 있는 것은 음형대간 간격비율이 매우 유사하기 때문이라고 하였다(Ross 외 2명, 1991). 예를 들어 Ross와 Giolast(1996)가 제시한 미국의 10 개의 모음 중에서 /i/모음을 살펴보면, 남자의 경우 제 1 음형대와 제 2 음형대가 270 Hz, 2290 Hz으로 나타났고 여자의 경우 310 Hz 와 2790 Hz였고 소아에서는 각 370 Hz, 3200 Hz였다. 제 2 음형대에 대한 제 1 음형대의 비가 남자의 경우 8.48, 여자는 9.00, 그리고 소아는 8.64로 매우 비슷하였다. 그러므로 음형대간의 유사한 간격비율이 동일한 어음으로 인식하게 하는 것이라 볼 수 있다.

그러나 청각장애 아동들의 경우, 특히 감음신경성 청각장애 아동들은 청각적인 피드백을 보청기로 통해서 손실된 청력을 보상받지만 최적의 보청기로 보상받을 수 있는 음향학적 주파수대역이 매우 제한된 영역이며 넓은 대역의 음향학적인 자극은 충분히 받지 못한다. 이것은 일반적으로 감음신경성 청각장애 아동들의 보청기 소리 증폭이 4000 Hz 내에서 이루어지고 그 보다 높은 주파수 대역에서의 소리 증폭은 거의 일어나지 않기 때문이다(Robert, 1996).

최적의 보청기를 착용하였는데도 감음신경성 청각장애 아동들이 어음을 변별하기 어려운 이유는 모음 /i/를 듣기위해 제 1 음형대, 제 2 음형대와 3 음형대 주파수 대역의 음향학적인 소리를 증폭을 들을 수 있어야 하는데 4000 Hz 이상의 소리를 증폭이 어려운 보청기로 제 2 음형대와 3 음형대를 듣기란 힘이 들 것이다. 그러므로 제 1 음형대 주파수에 매우 의존해서 듣게 된다. 감음신경성 청각장애 아동들은 청각적인 자극만으로 어음을 변별한다면 제 1 음형대 주파수대역이 비슷한 /i/음과 /u/음을 시각적인 자극 없다면 혼돈하는 것이 당연할 것이다. 최적의 보청기로 충분한 청각적인 피드백을 받지 못하는 감음신경성 청각장애 아동들이 인공와우 이식을 받게 되면서 폭넓게 주파수 대역의 음향학적인 자극을 들을 수 있게 된다. 이러한 청각적인 피드백이 충분히 이루어질 경우 감음신경성 청각장애 아동들의 왜곡된 음성에도 변화가 나타날 것으로 예측할 수 있다. 즉 실제 임상적으로 감음신경성 청각장애 아동들은 음성을 산출하는데 있어 시각적인 모방이 이루어지는 음소의 산출은 잘 이루어지지만 시각적인 자극이 적은 음소산출에는 왜곡이 두드러지는 것을 볼 수 있다. 그러므로 감음신경성 청각장애 아동들은 /a/음을 시각적인 자극이 없는 /i, u/에 비해 쉽게 산출되는 것을 알 수 있다. 즉 모음 /a/는 입을 크게 열려 혀의 모양이나 입구조를 파악하기 쉽지만, 모음 /i/음은 입이 닫히고 혀가 올라가야 하는 등의 고난위도의 조음기관 협응이 요구된다. 감음신경성 청각장애 아동들은 입술이 닫혀 입안의 혀의 위치나 긴장 등과 같은 조음기관의 기능과 구조를 시각적으로 파악하기 어려우므로 발음역시 쉽지 않을 것이다. 다시 말해, 감음신경성 청각장애 아동은 /i/모음을 산출하기 위해 청각적인 피드백에 의존할 수밖에 없을 것이다.

이상에서와 같이 감음 신경성 청각장애 아동들은 청각적인 손실로 인하여 음형대 왜곡이 일어나게 되고 일부 시각적인 단서가 부족한 음소의 산출은 어려울 것이다. 그러므로 본 연구에서 감음 신경성 청각장애 아동이 인공와우 이식후 청각적인 피드백을 받게된다면 음형대의 변화를 살펴보고, 조음기관의 기능과 구조를 파악해 보고자 하였다.

2. 연구 방법

2.1 연구 대상

청각장애 아동들의 청각적인 피드백에 따른 음형대의 변화를 살펴보기 위해 감음신경성 청각장애 아동 20 명을 대상으로 하였다. 본 연구에 참여한 감음 신경성 청각장애 아동의 평균연령이 6 세 10 개월(SD: 3 세 7 개월)이었으며, 경북지역의 제 3 차 병원에서 감음신경성 청각장애로 진단 받았다. 본 연구에 참여한 감음 신경성 청각장애 아동들은 ABR검사에서 반응이 나타나지 않았고 순음청력검사결과 100 dBHL 이상에서 반응이 보였다. 이들은 보청기를 착용하였을 때 음향학적인 소리에 거의 반응하지 않은 경우가 대다수였으며 때때로 몇몇의 청각장애 아동들은 단순히 어음을 감지하였다. 어음을 감지하는 청각장애 아동들의 어음인지능력은 청각적인 자극으로만 어음을 제시해 주었을 때 30% 미만으로 어음을 인지하거나 변별하지 못하였다. 연구에 참여한 감음신경성 청각장애 아동들은 모두 인공와우를 착용한지 2-3 년 이상 되었으며, 검사를 하기위한 기본적인 학습 능력이 갖춰진 아동들을 대상으로 하였다.

2.2 연구 절차

본 연구를 위해 감음 신경성 청각장애 아동들은 음성언어 클리닉을 방문하여 음성수집을 하였다. 음성수집은 Kay사의 CSL(Computerized Speech Lab, Model4300)을 이용하였다. 청각장애 아동의 자발적인 /i/음 산출과 검사에 따른 긴장감을 감소시키기 위해 음성을 수집하기 앞서 3-4번의 연습을 하게 하였다. 음성 수집은 인공와우 수술 1 년, 2 년, 3년 이상으로 나누어 실시하였다.

본 연구에서 수집한 음성을 어음인지에 영향을 미치는 제 1, 2, 및 3 음형대로 분석하였으며, 수술 기간에 따른 차이의 변화를 살펴보기 위해 일변량 변인 분산분석을 실시하였으며, 인공와우 착용기간에 따른 유의한 차를 살펴보기 위해 사후검증을 LSD와 Duncan분석으로 처리하였다.

3. 연구 결과

청각장애 아동들이 인공와우 이식수술을 받게 되면 보청기와 달리 충분한 청각적인 피드백을 받게 된다. 이러한 청각적인 피드백이 장기간 연속적으로 이루어진다면 청각장애 아동들의 음성에 변화가 나타날 것이다. 구체적인 음성의 변화를 /i/모음을 통해 살펴본 결과 다음과 같다.

청각장애 아동이 4000 Hz 이하의 주파수대에서 증폭된 소리를 자극받던 보청기와 달리 다양한

주파수대를 갖고 있는 인공와우를 착용하고 청각적인 피드백을 장기간 받게 되면서 음성적인 변화가 나타날 것이다. 인공와우 착용기간에 따른 감음 신경성 청각장애 아동의 각 음형대 및 음형대의 표준편차는 표 1과 같다.

표 1. 감음신경성 청각장애 아동의 각 음형대 및 음형대의 표준편차(Hz).

	제 1 음형대	표준편차	제 2 음형대	표준편차	제 3 음형대	표준편차
술후 1 년	3583.98	2070.00	6185.02	1976.34	8276.85	1544.93
술후 2 년	1830.47	1029.05	4272.85	1484.59	6089.54	1133.64
술후 3 년 이상	1784.12	1084.62	4578.07	1380.79	6415.37	1672.06

감음 신경성 청각장애 아동의 각 음형대의 평균과 표준편차를 살펴보면, 인공와우 착용한 1 년에서 2 년을 거치면서 급격히 감소하는 것을 볼 수 있었고, 인공와우를 3 년 이상 착용한 아동들의 음형대에서는 2 년 동안 착용한 음형대 주파수보다 약간의 높은 주파수대에서 나타나는 것을 볼 수 있다. 음형대의 표준편차 역시 동일한 것을 볼 수 있다.

인공와우 이식 후 착용한 기간에 따라 청각적인 피드백을 자극기간이 달라지고 이것이 음형대 주파수를 변화시키고 각 음형대의 인공와우 착용기간에 따른 통계학적인 차이를 살펴보았다. 인공와우 착용기간에 따른 감음 신경성 청각장애 아동의 음형대 주파수의 차는 표 2에 제시해두었다.

표 2. 인공와우 착용기간에 따른 청각장애 아동의 음형대 주파수(Hz) 변화

		음형대 평균	표준오차	평균에 대한 95% 신뢰구간		F	P
				하한값	상한값		
제 1 음형대	술후 1 년	3583.98	607.40	2247.11	4920.85	5.42	.004
	술후 2 년	1830.47	534.82	653.33	3007.61		
	술후 3 년	1784.12	526.42	496.01	3072.23		
제 2 음형대	술후 1 년	6185.02	678.48	4691.70	7678.35	5.46	.004
	술후 2 년	4272.85	785.56	2543.83	6001.86		
	술후 3 년	4578.07	540.74	3254.94	5901.20		
제 3 음형대	술후 1 년	8276.85	599.54	6957.28	9596.41	8.09	.000
	술후 2 년	6089.54	3033.85	4161.93	8017.15		
	술후 3 년	6415.37	595.39	4958.5	7872.23		

인공와우 착용기간에 따른 청각장애 아동의 음형대 주파수변화는 인공와우 이식 후 시간이 흐를수록 통계학적으로 의미있게 전체적인 음형대의 주파수대역이 내려가는 것을 볼 수 있었다. 인공와우 이식후 1 년 동안 인공와우를 착용한 음형대 주파수에 비해 2 년 이상 착용하였을 때의 음형대 주파수 대역이 약 2000 Hz 정도 감소하였고, 술후 3 년이 지나면서 제 1 음형대는 감소되고 제 2 음형대와 3 음형대는 점차 높아져가는 것을 볼 수 있다. 즉 인공와우 착용한 기간이 길수록 음형대가 유의미하게 감소한다는 것은 청각장애의 지나치게 남용한 음성과 공명관이 점차 안정적이며 자연스럽게 공명된다고 할 수 있다.

감음 신경성 청각장애 아동의 인공와우 착용기간에 따라 각 음형대별 평균주파수의 변화를 살

펴보았고, 음형대별 주파수의 차를 표 3에 제시하였다.

표 3. 인공와우 착용기간에 따른 청각장애 아동의 /i/모음의 각 평균 음형대주파수 차

		평균차	표준오차	유의확률
제 1 음형대	술후 1 년 술후 2 년	1753.51	693.73	.016
	술후 1 년 술후 3 년	1799.86	808.17	.033
	술후 2 년 술후 3 년	46.35	808.17	.955
제 2 음형대	술후 1 년 술후 2 년	1912.17	876.0	.036
	술후 1 년 술후 3 년	1606.96	1020.63	.125
	술후 2 년 술후 3 년	305.22	1020.63	.767
제 3 음형대	술후 1 년 술후 2 년	2187.31	899.45	.020
	술후 1 년 술후 3 년	1861.48	1047.82	.085
	술후 2 년 술후 3 년	325.83	1047.82	.758

인공와우 착용기간에 따른 청각장애 아동의 /i/모음 음형대의 평균 주파수의 차를 살펴본 결과, 시간이 흐를수록 음형대 주파수가 감소하였다. 특히, 인공와우 착용한 1 년의 음형대 주파수가 2 년 이상 적용한 경우에 비해 통계학적으로 유의하게 감소하였다.

이상의 결과를 요약하면, 인공와우를 착용하면서 수술 1 년 이내의 높은 음형대가 인공와우 착용하는 기간이 길어질수록 음형대 주파수 대역이 내려갔으며, 특히 수술 1 년에서 2 년 사이에 큰 차이가 나타나는 것을 알 수 있다. 이것은 감음 신경성 청각장애 아동이 수술초기에는 인공와우의 고주파수대역의 자극에 대해 적응을 하지 못하다가 청각적인 피드백으로 자가 수정할 수 있게 되면서 자연스럽게 편안한 조음을 산출한다고 할 수 있다.

청각장애 아동의 /i/모음산출시 인공와우 착용기간에 따른 음형대간의 비율 차는 표 4에 제시하였다.

표 4. 인공와우 착용기간에 따른 청각장애 아동의 음형대주파수(Hz) 비율 변화

		평균	표준오차	F	유의확률
F2/F1	술후 1 년	2.52	.57	2.314	.093
	술후 2 년	3.55	.53		
	술후 3 년	3.68	.75		
F3/F2	술후 1 년	1.44	9.78E 02	.634	.598
	술후 2 년	1.57	9.61E 02		
	술후 3 년	1.43	5.73E 02		

청각장애 아동의 /i/모음 음형대를 인공와우 착용기간에 따라 통계학적으로 유의하지는 않았지만 술후 시간이 지나면서 제 1 음형대와 제 2 음형대의 간격이나 제 2 음형대와 제 3 음형대 간격

이 인공와우 착용기간에 따라 넓어졌다. 그러나 음형대간의 비율이 인공와우 착용한 기간에 따라 통계학적인 유의한 차를 보이지는 않았다.

이상의 결과를 종합하면, 청각장애 아동들의 모음 /i/음 음형대간 비는 인공와우 착용한 기간에 따라 높아졌지만 유의하지는 않았다. 각 음형대간의 비율의 변화가 미비하였지만, 인공와우 착용한 기간에 따라 음형대간 비율이 정상적인 패턴과 유사해져가는 것을 볼 수 있었다. 즉 제 1 음형대와 제 2 음형대의 간격이 시간이 갈수록 점차 높은 비율로 나타는 것을 알 수 있었다. 즉 이것은 감음 신경성 청각장애 아동이 장기간 충분한 청각적인 피드백을 받지 못하다가 인공와우 이식한 3년이라는 단기간내에 공명강과 조음자를 정확하게 찾는다라는 것은 무리일 것으로 사려되며, 수술 후 인공와우 착용이 장기간 지속된다면 음형대의 주파수 비율이 자연스럽게 변화될 것으로 예측된다. 그러므로 이에 대한 지속적인 추후연구가 이루어져야 될 것이다.

4. 결론 및 고찰

일반적으로 청각장애아동들의 음성은 과긴장성 발성과 과대 비음, 목선소리, 공명장애 등의 문제를 흔히 볼 수 있다. 이것은 청각장애 아동들은 청각적인 피드백의 결함으로 자신의 소리를 자기 자극, 즉 공명기관의 자극이나 왜곡을 통해 발성하는 경우가 많기 때문이다. 그러므로 본 연구에서는 감음 신경성 청각장애 아동 20 명을 대상으로 시각적인 단서가 가장 희박하여 산출하기 어려운 모음 /i/음을 통해, 감음신경성 청각장애 아동들의 음성학적 특성을 살펴보고 인공와우 착용을 1, 2년, 3년 이상 하였을 때, 즉 청각적인 피드백이 지속적으로 장기간 주어질 때 음형대의 변화를 살펴보았다.

청각장애아동의 공명강과 조음자의 변화는 인공와우 착용한 기간에 따라 변화되어 가는 것으로 짐작할 수 있었다.

Ross 등(1991)은 음형대의 수치가 달라도 건청인들이 유사하게 어음을 인지하는 것이 음형대간의 비율때문이라고 하였다. 정상아동들의 각 음형대간의 비율을 살펴보았을 때, 제 2 음형대에 대한 제 1 음형대의 비율이 8.64였고, 제 3 음형대에 대한 제 2 음형대는 0.8579였다. 본 연구에서 감음 신경성 청각장애 아동의 각 음형대간의 비율이 시간이 흐를수록 넓어지지만 유의하지는 않은 것으로 나타났다. 감음신경성 청각장애 아동의 음형대 비율은 정상아동들에 비해 제 1 음형대와 제 2음형대의 간격 비율이 작은 것으로 생각할 수 있는데, 이것은 제 1 음형대 주파수대역이 높는데 반해 제 2, 3 음형대의 주파수대역이 상대적으로 높지 않은 것이 아니라 제 1 음형대 주파수대역의 수치가 정상아동들의 비해 매우 높기 때문에 제 1 음형대와 2 음형대의 비율이 높지 않았다. 또한 비율의 차를 살펴보았을 때, 감음 신경성 청각장애 아동은 한국 모음 /i/를 산출하였고 정상아동의 음형대는 미국 모음들 중에서 가장 유사한 /i/모음의 음형대 비율을 기준으로 하였으므로, 한국어와 영어에 따른 음형대의 차이를 고려되지 않은 비교임을 숙지하여야 한다. 그러므로 본 연구에서 비율이 인공와우 착용한 기간이 길수록 음형대간, 특히 제 1과 2 음형대의 간격이 넓어지는 것으로 보아, 지속적인 청각적인 피드백이 이루어진다면 음형대의 변화도 꾸준히 나타날 것이라 사려된다.

이상의 결론을 요약하자면, 청각장애 아동들이 인공와우 이식을 통해 청각적인 피드백을 3년

이상 받은 아동들을 대상으로 모음 /i/의 음형대 주파수를 분석한 결과, 수술 초기에 지나치게 높은 음형대 주파수들이 점차 줄어드는 것을 볼 수 있었고, 그 음형대들간의 비는 착용한 기간에 따라 차이가 두드러지게 나타나지 않았다. 그러나 이것은 적은 청각장애 아동을 대상으로 하였기 때문에 단순히 청각장애 아동의 발음한 /i/모음의 음형대 주파수 변화 패턴으로 고려되어야 할 것이며 조음기관의 기능과 전달, 상호작용을 파악하는 근거자료로 용이할 것으로 생각된다. 또한 감음신경성 청각장애아동에게 시각적인 단서가 부족한 모음 /i/음을 사용하는 것이 청각적인 피드백을 통한 조음산출기능을 파악하는데 효과적이므로, 본 연구에서는 인공와우 착용기간에 따른 청각적인 피드백의 효용성과 청각장애아동의 조음자 변화를 평가하였다. 그러나 한국 모음 /i/에 대한 정상 아동의 음형대 주파수 평균치 비교가 세부적으로 이루어지지 않아 정상적인 조음기관의 기능과 조음 산출 패턴을 비교하기는 어려웠다. 그러므로 차후에는 한국아동들의 모음에 대한 음형대주파수 평균치에 따른 청각장애 아동의 모음 음형대 차이를 살펴보는 연구가 꾸준히 이루어져야 할 것이며, 청각장애 아동의 청각적인 피드백에 따른 음형대 변화연구가 구강의 조음자 지도에 구체적인 자료로 제시될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- 김기호, 양병곤, 고도홍, 구희산. 2000. 음성생성II: 말소리의 완성 조음과 음향학. 음성과학. 대구: 한국문화사.
- Monsen, R. 1979. Acoustic qualities of phonation in young hearing impaired children, *Journal Speech and Hearing Research*, 22, 270-288.
- Robert, E. S. 1996. "Hearing Instrument Science & Fitting Practices, 2nd Edition." National Institute for hearing instruments studies. 205-209 .
- Ross, M., Brackett, D. & Maxon, A. 1991. "Auditory management principles." *Assessment and management of mainstreamed hearing impaired children ; principles and practices*, Pro ed. 181-194.
- Ross, M. & Giolas, T. G. 1978. 'The acoustic of speech production.' *Auditory Management of hearing impaired children*. University Park Press. 70.

접수일자: 2005. 04. 30

게재결정: 2005. 05. 30

▲ 허명진

대구광역시 중구 삼덕 2가 50 (우: 712-714)
경북대학교 병원 이비인후과 언어난청클리닉
Tel: +82-53-420-5780
E-mail: magare@hanmail.net

▲ 이상훈

대구광역시 중구 삼덕 2가 50 (우: 712-714)

경북대학교 병원 이비인후과 교수

Tel: +82-53-420-5777

E-mail: leeshu@knu.ac.kr

▲ 최성규

경북 경산시 진량면 내리리 15 (우: 712-714)

대구대학교 특수교육학 교수

Tel: +82-53-850-4197 Fax: +82-53-850-4191

E-mail: skchoi@taegu.ac.kr