

심도 청각장애 아동의 조음 특성: 포먼트 대역폭을 중심으로

The Articulation Characteristics of the Profound Hearing-Impaired Children with Reference to Formant Bandwidth

최 은 아¹⁾
Choi, Eunah

ABSTRACT

This study measured formant bandwidths of profound hearing impaired children and examined the characteristics of their articulation. For this study, 10 cochlear implanted children(CI), 10 hearing aid children(HA) and 10 normal hearing children(NH) were asked to read 7 Korean vowels(/a, ʌ, o, u, ʊ, i, ε/). The subjects' readings were recorded by NasalView and analyzed by Praat.

The analysis of the formant bandwidths explains the degree of vocal fold opening and the characteristics of radiation. Through the analysis of formant bandwidth, we can see that the hearing-impaired maintain vocal fold tension when they speak high vowels and characteristics of radiation. Narrower B1 means better maintain vocal fold tension, wider B2 means more front and wider B3 means the rounder lips. CI's B1 was widest and NH's was narrowest. And females' B1 was wider than males'. Among vowels, B1 of /a/ was widest, and B1 of /i/ was narrowest. In the case of B2, HA and NH's B2 was wider than CI's. Females' B2 was wider than males'. And B2 of /i/ was widest, and B2 of /ʌ/ was narrowest. In the case of B3, NH's was widest, and CI's was narrowest. Males' was wider than females'. Among vowels, B3 of /o/ was widest, and B3 of /ε/ was narrowest.

As a result, first, through the analysis of B1, we can find that NH and males could better maintain vocal fold tension than the hearing-impaired or females, and all children articulate /i/ with vocal fold tension than other vowels. Second, through the analysis of B2, NH and HA articulate vowels with the weaker rounded than CI does. And females articulate vowels with the weaker rounded than males do. Third, through the analysis of B3, NH articulate vowels with the rounder than HA or CI do, and males articulate vowels with the rounder than females do. Through the results, we can expect that the analysis of formant bandwidth will be applied to the therapy of articulation for the hearing-impaired with hearing aids or cochlear implant.

Keywords: profound hearing-impaired, formant bandwidth, radiation, articulation

1. 서론

정상적인 호흡, 발성, 조음 등은 의미를 명확하게 전달하여 효과적으로 의사소통을 하는 데 필수적인 요소들이다. 이러한

요소들이 어떤 이유에서든 비정상적인 패턴을 보이면 말명료도(intelligibility)가 낮아지게 되고 의사소통에 영향을 미칠 수도 있다. 청력 손실이 90dB 이상인 심도 이상의 청각장애인의 경우 발성 기체의 조절이 원활하지 못하여 음도가 높은 가성 발성을 함으로써 성대진동이 충분하게 일어나지 못하거나 음도와 강도의 자연스런 조절이 어려워 너무 높거나 크고 작은 강도로 말하며, 거칠고 쥐어짜는 음질 특성을 보인다(윤미선, 2004; 허명진, 정옥란, 1997; Bolfan-Stosic & Simunjak, 2007; Boone et al., 2005; Higgins et al., 1994; Lee et al., 1997).

하지만 인공와우 이식을 받은 아동이나 성인들은 매핑(mapping)²⁾이 진행되면서 듣기가 안정되고 청각적인 피드백

1) 원광대학교, slpeunah@wonkwang.ac.kr, 교신저자

이 논문은 2013년 원광대학교 교내 연구비 지원을 받아 수행된 연구임.

접수일자: 2014년 5월 1일

수정일자: 2014년 6월 12일

게재결정: 2014년 6월 20일

이 충분히 제공되면 음도나 강도 조절에 대해 특별한 중재를 하지 않아도 음도나 강도가 다소 안정되는 것으로 나타난다는 보고도 있다(윤미선, 2004; Hamzavi et al., 2000). 어린 나이의 인공와우 이식과 일정 기간 이상의 인공와우 사용이 듣기 능력뿐 아니라 언어 발달, 발성 시 신경근육 조절의 적응 능력과 신경근육 조절 기제 성숙 등에 의한 음성 조절에 영향을 주기 때문이다(Cerçi et al., 2006; Hocevar-Boltezar et al., 2006a, Hocevar-Boltezar et al., 2006b).

하지만 정상청력 아동의 경우 생후 15개월이면 거의 완성되고(Kent & Read, 2002) 고심도의 청력 손실이 있는 청각장애 아동들 중 약 92%가 적절하게 산출하는 것으로 보고되는 단모음의 경우 모음중화(vowel neutralization)가 나타나 /이/ 모음과 같이 극단에 있는 모음들이 /오/와 같은 모음으로 대치되기도 한다(Yoshinaga-Itano & Sedey, 2000).

인공와우 이식 연령을 4세 전후로 나누어 기본주파수 F0, 첫 번째와 두 번째 성대의 공명주파수인 F1, F2를 분석한 연구에서 4세 이전에 인공와우 이식을 받은 아동의 경우 4세 이후에 인공와우 이식을 받은 아동에 비해 정상청력 아동과 유사한 패턴을 보였으나 /이/는 다소 후하방화되고, /우/는 전방화되어 모음공간이 작았으며, /아/와 /우/의 F0는 4세 이전과 이후에 수술한 아동 모두 정상청력 아동과 차이가 있었다(김고은·고도홍, 2007). 청력 수준의 향상이 조음에 긍정적인 영향을 주는 것은 분명하지만 단모음 분석에서 어린 나이에 인공와우 이식을 받은 아동도 정상청력 아동과는 다소 다른 조음 패턴을 보임을 알 수 있다.

37개월에서 128개월의 선천성 청각장애 아동을 48개월을 기준으로 두 집단으로 나누고 인공와우 사용 기간은 18개월을 기준으로 나누어 첫 매핑했을 때와 6개월 후 /a/ 모음의 F1, F2의 변화를 살펴 본 연구에서 F2가 첫 번째 측정치와 두 번째 측정치 간에 유의미한 차이가 있었다. 그리고 48개월 이전 아동은 F1, F2 모두 정상청력 아동과 유의미한 차이가 없었으나 48개월 이후 아동과는 F1에서 유의미한 차이가 있었다. 하지만 18개월 이상 인공와우를 사용한 아동은 월령에 상관없이 F0, F1, F2가 거의 정상 수준에 있었다(Cerçi et al., 2006).

언어 습득 이전과 이후에 청력 손실이 발생한 고심도 청각장애 아동을 대상으로 인공와우 이식 전과 이식 후 2개월과 6개월에 F0, F0 범위, 강도 범위, 포먼트 주파수 F1, F2, F3 등을 평가하여 청각장애 아동 음성의 비정상적인 음향학적 특성과 인공와우로 인해 회복된 청각적 피드백의 효과를 살펴본 연구에서 F0는 인공와우 활성화나 경험에 의해 바뀌지 않았고 F0와 강도 범위가 음향적인 변수들 중 가장 비정상적이었

다. 하지만 F0 범위가 인공와우 이식 전보다 인공와우 이식 후 다소 증가하였고 F1/F2 비율도 안정적이었다(Campisi et al., 2005).

위의 두 연구 결과를 통해 인공와우 활성화와 향상된 청력의 경험 기간도 인공와우 이식 연령과 마찬가지로 조음 능력에 긍정적인 영향을 미치는 것은 사실이나 향상 정도에 제한이 있음을 볼 수 있다.

181명의 인공와우 이식 아동과 24명의 정상청력 아동들의 /t/와 /d/의 발성개시시간(VOT), /s/ 마찰 잡음의 평균, 왜도(skewness), 첨도(kurtosis) 등의 음향학적 정보, 비음 산출 방법, 모음과 단어와 문장 등의 지속 시간(duration) 등을 측정하는 연구에서 인공와우 아동 중 46~97%가 문장의 시작 단어에서의 모음 지속 시간과 문장 지속 시간을 제외하고 모든 측정치가 정상청력 아동의 범위 내에 있었다. 또한 구어의사소통(oral communication) 아동의 음향학적 측정치들이 통합의사소통(total communication) 아동의 측정치보다 더 정상 범위에 가까웠다. 즉, 구어의사소통 교육 세팅에 있는 것이 통합의사소통 교육 세팅에 있는 것보다 음성산출 향상에 더 효과적임을 알 수 있었다(Uchanski & Geers, 2003).

지난 20여 년 간 인공와우의 어음처리기(speech processor)³⁾가 단채널(single-channel)⁴⁾에서 다채널(multi-channel)⁵⁾로 기술적으로 혁신적인 발전을 하게 되었고 어음처리전략(speech processing strategies)⁶⁾도 다양해짐에 따라 인공와우 이식을 받은 심도 이상의 청각장애 아동과 성인들의 말지각 능력이 향상되어 더 나은 말산출 능력을 가지게 될 것으로 기대되고 있다. 하지만 인공와우 이식 연령이나 인공와우 착용기간, 또는 의사소통 방식 등이 조음과 발성 능력에 긍정적인 영향을 주어 발성이나 조음의 오류가 다소 개선되었어도 여전히 조음과 발성의 문제가 남아있어 인공와우 이식 후에도 말소리의 정상적인 산출을 위한 추가적인 재활 전략이 필요하다. 그리고 청각장애 아동의 모음의 조음 특성을 잘 설명해 주고 재활에도 반영할 수 있는 변수들을 찾아 심도 이상 청각장애 아동의 조음 정확도 및 말명료도를 높일 수 있는 방안을 모색할 필요가 있다.

2) 인공와우 이식자가 가장 적절한 소리로 들을 수 있도록 다양한 전략을 사용하여 각 채널 별로 역치 수준(threshold level)과 가장 편안한 소리 수준(comfortable level)을 조정해 주는 과정이다.

3) 어음처리기는 입력된 소리정보를 분석하여 달팽이관 내부에 이식된 전극(electrode)으로 전달해 주며 다양한 전략을 사용하여 인공와우 이식 대상자가 말소리를 더 잘 지각할 수 있도록 돕는다(Plant, 2006).

4) 단채널은 모든 주파수 영역을 하나의 채널에서 담당하는 것이다(Grayden & Clark, 2006).

5) 다채널은 주파수 영역을 여러 개의 채널에서 나누어 담당하는 것이다(Grayden & Clark, 2006).

6) 어음처리전략은 마이크를 통해 입력된 전기신호를 변형하는 것으로 소리의 스펙트럼 정보, 어음처리 채널 수, 채널과 전극 배정, 채널에서의 시간적 다양성, 자극의 과형, 매핑에 사용된 넓고 좁은 역동 범위의 압축형식 등을 포함한다(Wilson, 2006).

본 연구는 보청기나 인공와우를 3년 이상 착용하고 구어로 의사소통이 가능한 아동들을 대상으로 포먼트 대역폭을 분석하였다. 첫 번째 포먼트의 대역폭인 B1은 성대의 긴장성과 관련이 있는데 B1 값이 작은 것은 대역폭이 좁고 성대의 긴장성이 큰 것을 의미한다. 그리고 고모음과 같이 F1 값이 작은 모음은 B1 값도 작으며, B1 값이 작은 고모음이 저모음보다 성대의 긴장성이 더 큰 것으로 나타난다. 두 번째 포먼트의 대역폭인 B2는 전설성과 관련이 있는데 전설모음과 같이 F2 값이 큰 모음은 B2 값도 크며, B2 값이 큰 것은 전설성이 강한 것을 나타낸다. 세 번째 포먼트의 대역폭인 B3는 방출 특성 중 원순성과 관련된 것으로 원순모음의 경우 F3 값이 작고 B3 값이 크며, B3 값이 큰 것은 원순성이 강한 것을 나타낸다. 즉, B1 분석을 통해 고모음 산출 시 저모음보다 긴장성을 잘 유지하고 있는지 알 수 있으며, B2와 B3 분석을 통해 모음 산출 시 전설성과 원순성이 얼마나 잘 지켜지고 있는지 살펴볼 수 있다(Park, 2002; Ferrand, 2007).

2. 연구방법

2.1 연구대상

본 연구의 대상은 대전에 거주하는 만 6세~12세의 인공와우를 이식받은 청각장애(Cochlear Implanted, CI) 아동, 보청기 착용(Hearing Aided, HA) 아동, 정상청력(Normal Hearing, NH) 아동 각각 10명이다.

아동의 경우 12세까지는 여아와 남아의 F0가 비슷하나 남아의 경우 변성기를 거치면서 성대길이가 늘어나고 두꺼워지는 등 후두 구조가 급격하게 성장하면서 음도가 낮아진다. 그리고 연령이 증가할수록 남아와 여아 모두 F0가 감소하여 16세에는 성인과 비슷한 음도 수준이 된다(김선훈, 2007). 이러한 점을 고려하여 12세 이상인 남아는 대상에서 제외하고 변성기 이전으로 판단된 아동만을 대상으로 하여 분석하였다.

인공와우 아동은 모두 선천성 청각장애이고 청력수준은 인공와우 이식 전 평균 청력이 약 97.5 dB, 인공와우 이식 후 평균 교정 청력은 약 38.5 dB이며 의사소통수단으로 모두 구화만을 사용하는 아동들이었다.

보청기 착용 아동도 모두 선천성 심도 청각장애이고 청력수준은 보청기를 착용하지 않은 상태에서의 평균 청력이 약 94.5 dB, 보청기를 착용한 후 평균 청력은 약 55 dB이며 의사소통수단으로 구화만을 사용하는 아동과 구화와 수화를 함께 사용하는 아동들이었다. 구화와 수화를 함께 사용하는 아동의 경우 가정에서는 구화를, 학교에서는 수화를 함께 사용하는 아동들로 구화 사용에 어려움이 없는 아동들이었다.

본 연구의 대상자들은 인공와우나 보청기를 착용한 시기가 3년에서 7년으로 듣기 경험 기간이 다소 차이가 있다. Cerçi et al.(2006)에 의하면 인공와우 이식 연령이 48개월 이전인 아

동과 48개월 이후인 아동 간에 F0, F1, F2, F3가 차이가 있었으나 인공와우 이식 후 18개월이 지났을 때 F0, F1, F2가 거의 정상 수준에 있었다고 보고하고 있다. 그리고 허명진 외(2005)는 인공와우 이식 후 3년이 지나서야 F1, F2, F3가 낮아졌다고 보고하고 있다. 이와 같이 인공와우나 보청기 착용시기가 다르고 듣기 경험 기간이 다르더라도 듣기 경험이 3년 이상이 되면 인공와우 아동이나 보청기 아동 모두 듣기가 안정되고, 듣기 능력의 향상에 따른 음성 및 조음의 자연적인 향상도 안정되었다고 볼 수 있기 때문에 본 연구의 대상자 선정 시 듣기 경험 기간이 3년 이상인 아동들을 모두 포함하였다.

인공와우 이식 아동과 보청기 착용 아동 모두 /아, 어, 오, 우, 으, 이, 에/ 7개 단모음은 100% 정조음하였다. 정상청력 아동의 경우 청력검사나 언어평가를 실시하지는 않았으나 부모가 청력이나 언어에 이상이 없다고 보고하였고, 연구자와의 면담에서 연구자가 말과 언어에 문제가 없다고 판단한 아동들로, 제시된 7개 모음은 모두 100% 정조음할 수 있었다. 인공와우와 보청기를 착용한 청각장애 아동에 관한 구체적인 정보는 <표 1>과 <표 2>에 제시하였다.

표 1. 인공와우 이식 아동 정보

Table 1. Information of subjects with Cochlear implant

성별	연령 (세)	청력(dB)		모음 정확도(%)	CI 착용 기간(년)	
		교정 전	교정 후			
1	여	6	90	35	100	3
2	여	7	100	40	100	4
3	남	8	100	30	100	4
4	여	8	100	40	100	4
5	여	9	95	35	100	4
6	남	9	100	40	100	4
7	남	10	100	45	100	3
8	남	8	100	45	100	4
9	여	9	100	40	100	3
10	여	11	90	35	100	6
평균		8.50	97.50	38.50	100	3.90

표 2. 보청기 착용 아동 정보

Table 2. Information of subjects with Hearing Aids

성별	연령 (세)	청력(dB)		모음 정확도(%)	HA 착용 시기(년)	
		교정 전	교정 후			
1	여	6	90	55	80	3
2	여	7	95	60	80	3
3	여	9	95	60	80	4
4	남	10	100	65	90	4
5	여	10	90	55	90	5
6	여	10	95	50	90	6
7	남	11	90	45	100	7
8	남	11	90	40	100	8
9	남	11	100	60	90	7
10	여	12	100	60	90	7
평균		9.70	94.50	55.00	89.00	5.40

표 3. 장애, 성별, 모음 별 B1, B2, B3의 평균과 표준편차
 Table 3. Mean and standard deviation of B1, B2 and B3 across handicap, gender and vowels

장애	성별	모음	N	B1(Hz)		B2(Hz)		B3(Hz)	
				M	SD	M	SD	M	SD
NH	남	이	20	104.81	71.77	1075.19	439.87	574.30	349.61
		애	20	203.58	100.01	751.14	310.81	322.65	231.82
		아	20	493.16	322.01	343.94	183.74	867.68	272.11
		어	20	195.21	100.76	224.43	140.28	1162.53	471.81
		오	20	130.52	97.78	386.09	241.79	1237.20	380.59
		우	20	191.69	113.83	650.92	378.34	825.25	367.97
		으	20	117.96	63.95	301.88	285.68	1175.25	516.46
	합	140	205.27	191.29	533.37	407.98	880.69	490.26	
	여	이	30	104.59	62.89	957.43	619.09	338.24	321.51
		애	30	216.33	170.66	851.58	240.33	379.26	258.14
		아	30	660.83	267.06	519.99	206.59	565.34	273.83
		어	30	249.59	117.75	256.66	203.22	969.30	447.43
		오	30	125.27	96.05	321.70	198.80	1018.05	494.32
		우	30	146.05	77.17	478.47	299.26	862.66	393.56
으		30	128.05	125.41	369.79	319.89	959.15	592.81	
합	210	232.96	231.64	536.52	407.98	727.43	488.65		
HA	남	이	20	215.42	157.39	780.70	547.47	543.61	408.71
		애	20	204.87	190.14	660.59	377.40	660.90	586.18
		아	20	329.51	261.10	361.49	238.73	682.46	375.54
		어	20	248.04	204.07	285.26	206.66	763.91	301.82
		오	20	142.96	132.88	269.31	178.54	976.26	413.80
		우	20	199.41	156.90	330.74	260.80	932.45	584.28
		으	20	164.90	140.95	406.97	230.58	1057.64	567.34
	합	140	215.01	187.93	442.15	360.41	802.46	498.46	
	여	이	30	116.94	91.83	1001.67	594.71	608.49	296.62
		애	30	272.97	196.91	754.94	291.85	397.97	231.57
		아	30	390.82	257.12	504.23	220.79	395.80	207.75
		어	30	314.40	175.72	583.76	285.14	579.78	195.07
		오	30	166.76	139.73	642.52	481.39	873.31	486.97
		우	30	124.65	47.94	710.80	439.67	910.91	357.03
으		30	135.14	78.03	650.39	470.08	627.08	239.01	
합	210	217.38	183.53	692.62	433.41	627.62	352.19		
CI	남	이	20	112.11	89.88	708.53	386.17	314.89	192.84
		애	20	282.08	201.48	929.97	433.55	391.65	191.81
		아	20	444.92	226.50	413.35	314.55	597.65	305.48
		어	20	290.81	135.38	262.86	217.25	977.68	665.21
		오	20	210.82	173.87	354.76	248.65	986.55	660.77
		우	20	253.76	215.46	515.17	377.50	922.77	584.76
		으	20	240.84	180.50	354.08	297.50	615.75	527.35
	합	140	262.19	199.44	505.53	392.70	686.71	543.33	
	여	이	30	112.12	65.78	746.24	371.44	440.68	357.62
		애	30	212.72	198.66	820.48	451.96	416.70	217.58
		아	30	420.20	255.87	366.11	181.91	591.90	593.60
		어	30	253.45	150.47	201.18	173.34	942.96	444.82
		오	30	146.18	110.89	252.19	174.72	910.91	382.73
		우	30	292.36	285.98	397.07	242.28	903.05	428.25
으		30	204.47	123.99	306.50	218.81	854.46	521.11	
합	210	234.50	205.54	441.40	354.92	722.95	479.15		

2.2 검사도구

아동이 자음이 결합된 문장이나 무의미 음절을 읽을 때 조음 오류로 인해 측정치가 달라지는 것을 방지하기 위해서 모음만을 발성시켰으며 적어도 7개 단모음은 정조음을 할 수 있는 대상자들로 선정하였다. 단모음 체계는 신지영·차재은(2003)의 제안을 반영하였으며 /아, 어, 오, 우, 으, 이, 애/ 7개 모음이 적힌 카드 5 세트를 무작위로 섞어 총 35장의 카드를 대상자들에게 제시하였다.

2.3 자료수집 및 통계방법

모든 집단의 대상자들은 조용한 치료실에서 NasalView의 헤드마이크를 착용한 후 가장 편안한 상태에서 너무 크지 않은 음성(60-70 dB)으로 녹음하였다. 대상자들이 모음을 발성하는 동안 Dr. Speech의 NasalView로 음성을 저장하였다. 저장된 음성의 표본추출률은 22,050 Hz였고 양자화는 16 bit로 하였으며 두 채널로 녹음된 음성을 Praat을 이용하여 모노(mono)로 변환한 후 모음의 조음 특성을 분석하기 위해 첫 번째부터 세 번째 포먼트 대역폭(bandwidth)인 B1, B2, B3을 측정하였다.

```

<모노 변환 스크립트>
Read from file... 'fileName$.TextGrid
Read from file... 'fileName$.wav
select Sound 'fileName$'
Convert to mono
    
```

본 연구에서는 인공와우를 착용한 아동과 보청기를 착용한 청각장애 아동 집단과 정상청력 아동 집단 사이의 차이들이 통계적으로 유의미한지 알아보기 위하여 포먼트 대역폭 B1, B2, B3을 종속변수로 하고 장애, 성별, 모음을 독립변수로 하여 일변량삼원분산분석(3-way ANOVA)을 실시하였다. 유의 수준은 0.05였으며 Tukey's HSD를 이용하여 사후 분석을 실시하였다.

3. 연구결과

장애, 성별, 모음에 대해 집단 간 포먼트 대역폭의 차이가 <표 3>에 제시되어 있다. <표 3>에 나타나는 집단 별 차이가 통계적으로 유의미한지 알아보기 위하여 B1, B2, B3 측정치에 대해 일변량삼원분산분석을 실시하였으며 그 결과가 <표 4>에 제시되어 있다.

7) 현대 표준어를 사용하는 청장년층은 /에/와 /애/를 모두 /애/로 발음하는 경향이 있으며, /위/와 /왜/는 이중모음으로 발음하므로 우리말 단모음을 /아, 어, 오, 우, 으, 이, 애/로 보았다.

<표 4>에 나타나 있듯이 B1에 대한 주효과 분석 결과 장애, 모음에 대해 집단 간 유의미한 차이가 있었다. 사후분석 결과 첫째, 인공와우 아동(246.82 Hz)의 B1이 가장 넓었으며 정상청력 아동(220.66 Hz), 보청기 아동(216.07 Hz)의 순으로 나타났다. 둘째, 여아(228.28 Hz)가 남아(227.49 Hz)보다 B1이 넓었다. 셋째, 모음 사이에 B1이 유의미한 차이가 있었다. 모음 간 B1 차이에 대한 사후분석 결과가 <표 5>에 제시되어 있는데 /아/의 B1이 가장 넓었고 /이/의 B1이 가장 좁았다.

표 4. B1, B2, B3에 대한 ANOVA 결과
Table 4. ANOVA results of B1, B2 and B3

주효과 또는 교호작용	자유도	F		
		B1	B2	B3
장애	2	3.480*	6.551**	5.177**
성별	1	.005	8.613**	12.334**
모음	6	57.759**	61.369**	39.947**
장애*성별	2	2.116	19.752**	5.860**
장애*모음	12	5.154**	3.263**	3.731**
성별*모음	6	1.539	.240	.989
장애*성별*모음	12	1.394	1.447	1.382
오차	1848			

** p<.01 수준에서 유의함.

표 5. 모음 간 B1의 다중 비교 결과
Table 5. Tukey's HSD results of B1

모음	N	집단군			
		1	2	3	4
이	150	129.48			
오	150	152.02	152.02		
으	150	165.29	165.29		
우	150		202.57	202.57	
애	150			229.78	
어	150			257.67	
아	150				458.09
유의확률		.582	.171	.101	1.000

ANOVA 분석 결과 B1은 장애와 모음 사이에만 교호 작용이 있었다. 장애와 모음 사이의 교호 작용의 원인을 알 수 있는 B1의 추정된 주변평균이 <그림 1>에 제시되어 있다.

<그림 1>에 나타나 있듯이 /이/의 B1은 인공와우 아동과 정상청력 아동 간에 차이는 거의 없었으나 보청기 아동과는 차이가 있었고, /애/와 /우/의 B1은 보청기 아동과 정상청력 아동 간에 차이는 거의 없었으며 인공와우 아동과는 차이가 있었다. 그리고 /어/의 B1은 인공와우 아동과 보청기 아동 간에는 차이가 있었으나 정상청력 아동과는 차이가 있었다. 그 밖의 /아/의 B1은 정상청력>인공와우>보청기 아동 순으로, /오/와 /으/의 B1은 인공와우>보청기>정상청력 아동 순으로 넓은

것으로 나타났다. 또한 남아와 여아 모두 모음에 따라 장애 집단 별 B1의 차이가 달랐다.

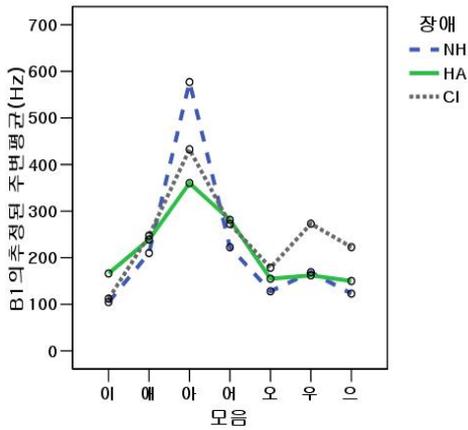


그림 2. 장애와 모음에 따른 B1의 추정된 주변평균

Figure 1. Estimated marginal mean of B1 across handicap and vowel

다음으로 장애, 성별, 모음에 대해 집단 간 포먼트 대역폭 B2에 대한 주효과 분석 결과 장애, 성별, 모음 모두에서 집단 간 유의미한 차이가 있었다(<표 4> 참조). 첫째, 보청기 아동(553.47 Hz)과 정상청력 아동(535.12 Hz)이 인공와우 아동(469.90 Hz)보다 B2가 유의미하게 넓었으며, 보청기 아동이 정상청력 아동보다 B2가 넓었으나 유의미한 차이는 없었다. 둘째, 여아(556.84 Hz)가 남아(493.68 Hz)보다 B2가 유의미하게 넓었다. 셋째, 모음 사이에 B2가 유의미한 차이가 있었으며 모음 간 B2 차이에 대한 사후분석 결과가 <표 6>에 제시되어 있는데 /애/와 /이/의 B2가 가장 넓고, /어/의 B2가 가장 좁았다.

표 6. 모음 간 B2의 다중 비교 결과
Table 6. Tukey's HSD results of B2

모음	N	집단군			
		1	2	3	4
어	150	296.29			
오	150	361.09	361.09		
으	150	394.14	394.14	394.14	
아	150		417.92	417.92	
우	150			501.44	
애	150				792.87
이	150				872.72
유의확률		.181	.791	.104	.418

B2에 대한 교호 작용 분석 결과 장애와 성별, 장애와 모음 사이에 교호 작용이 있었다. 장애와 성별, 장애와 모음 사이의 교호 작용의 원인을 살펴볼 수 있는 B2의 추정된 주변평균이

<그림 2>와 <그림 3>에 각각 제시되어 있다.

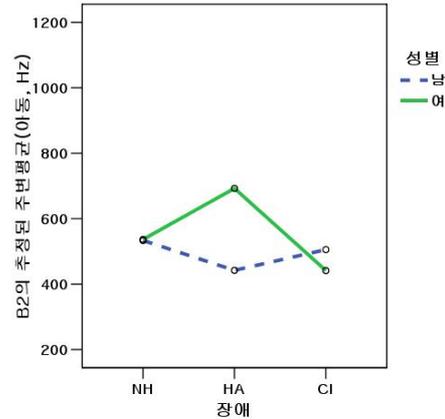


그림 3. 장애와 성별에 따른 B2의 추정된 주변평균

Figure 2. Estimated marginal mean of B2 across handicap and gender

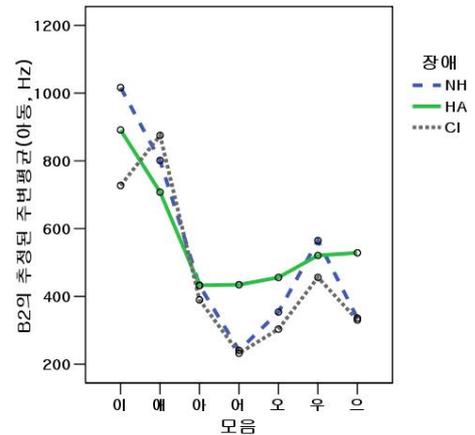


그림 4. 장애와 모음에 따른 B2의 추정된 주변평균

Figure 3. Estimated marginal mean of B2 across handicap and vowel

<그림 2>에 나타나 있듯이 정상청력 아동은 성별에 대한 B2의 차이가 거의 없는 반면에 보청기 아동과 인공와우 아동은 성별의 차이가 컸다. 그리고 보청기 아동은 여아가 남아보다 B2가 넓었으나 인공와우 아동은 남아가 여아보다 B2가 더 넓었다. 또한 <그림 3>에서 보이듯이 /아/의 B2는 장애 집단 간 B2의 차이가 거의 없었으며, /어/와 /으/의 B2는 정상청력 아동과 인공와우 아동 간에 차이가 거의 없었으나 보청기 아동과는 차이가 있었다. 그리고 /이/와 /우/의 B2는 정상청력>보청기>인공와우 아동 순으로 넓었고, /애/의 B2는 인공와우>정상청력>보청기 아동 순으로 넓었으며, /오/는 보청기>정상청력>인공와우 아동 순으로 넓었다.

마지막으로 장애, 성별, 모음에 대해 집단 간 포먼트 대역폭 B3에 대한 주효과 분석 결과 장애, 성별, 모음 모두에 대하여 집단 간에 유의미한 차이가 있었다(<표 4> 참조). 첫째, 사후분석 결과 정상청력 아동(795.55 Hz)이 보청기 아동(724.75 Hz)보다 B3가 넓었으며 보청기 아동이 인공와우 아동(706.84 Hz)보다 B3가 넓었다. 둘째, 남아(789.95 Hz)가 여아(692.67 Hz)보다 B3가 유의미하게 넓었다. 셋째, 모음 사이에 B3가 유의미한 차이가 있었으며 모음 간 B3 차이에 대한 사후분석 결과가 <표 7>에 제시되어 있는데 /오/의 B3가 가장 넓었고 /애/의 B3가 가장 좁았으며, 전반적으로 저모음의 B3가 고모음의 B3보다 더 넓었다.

표 7. 모음 간 B3의 다중 비교 결과
Table 7. Tukey's HSD results of B3

모음	N	집단군		
		1	2	3
애	150	434.57		
이	150	466.79	466.79	
아	150		616.41	
으	150			889.95
우	150			893.57
어	150			898.55
오	150			996.83
유의확률		.996	.058	.368

ANOVA 분석 결과, B3에 대해 장애와 성별, 장애와 모음 사이에 교호 작용이 있었다. 장애와 성별, 장애와 모음 사이의 교호 작용의 원인을 살펴볼 수 있는 B3의 추정된 주변평균이 <그림 4>와 <그림 5>에 각각 제시되어 있다.

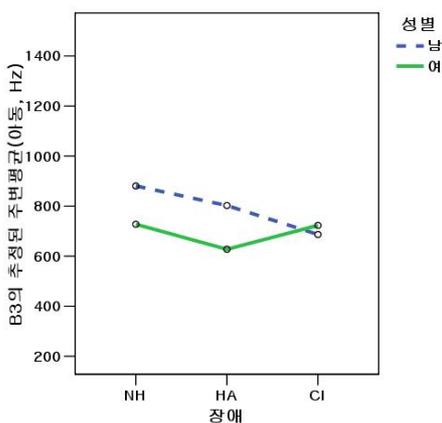


그림 5. 장애와 성별에 따른 B3의 추정된 주변평균

Figure 4. Estimated marginal mean of B3 across handicap and gender

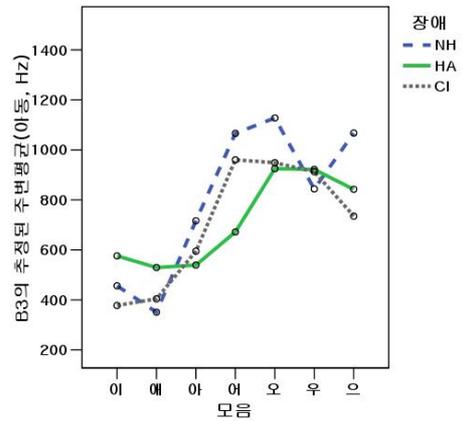


그림 6. 장애와 모음에 따른 B3의 추정된 주변평균

Figure 5. Estimated marginal mean of B3 across handicap and vowel

<그림 4>에 나타나 있듯이 정상청력 아동과 보청기 아동은 남아가 여아보다 B3가 넓었으며 남아와 여아 간 차이도 컸으나, 인공와우 아동은 여아가 남아보다 B3가 넓었으며 남아와 여아 간 차이도 다른 장애 집단에 비해 작았다. 그리고 <그림 5>에서 볼 수 있는 바와 같이 남아의 B3가 여아의 B3에 비해 넓었는데 /이/와 /우/의 B3는 남아와 여아 사이에 차이가 없었으나 /아, 어, 오, 으, 애/의 B3는 차이가 컸다. 그리고 <그림 5>에서 볼 수 있듯이 전설모음에서 후설모음으로 갈수록 B3가 넓어지는 경향을 보였다. 장애 집단 별로 보면 보청기 아동이 전반적으로 B3가 좁았으며 /이/, /애/, /우/ 모음을 제외한 다른 모음에서는 정상청력 아동의 B3가 비교적 넓었다. /우/ 모음을 제외한 다른 모음에서 장애 집단 사이에 모음의 B3 차이가 각기 다르게 나타났다.

4. 결론

본 연구는 심도 청각장애 아동을 대상으로 7개 단모음에 대한 포먼트 대역폭을 분석하였다. 포먼트 대역폭은 포먼트 주파수가 높을수록 넓어지며(Stevens, 2000), B1이 좁은 것은 모음 발생 시 긴장성을 잘 유지하는 것을 나타낸다. B1과 B2는 방출 특성과 관련이 있는 것으로 B2는 전설성을, B3는 원순성을 설명해 준다.

연구 결과 첫째, B1의 경우, 인공와우 아동이 B1이 가장 넓었고 정상청력 아동의 B1이 가장 좁았고, 여아가 남아보다 B1이 유의미하게 넓었으며 모음 중에서 /아/의 B1이 가장 넓었고 /이/의 B1이 가장 좁았다. 장애와 모음에 따른 비교에서 /이/의 B1은 인공와우 아동과 정상청력 아동 간에 차이는 거의 없었으나 보청기 아동과는 차이가 있었고, /애/와 /우/의 B1

은 보청기 아동과 정상청력 아동 간에 차이는 거의 없었으며 인공와우 아동과는 차이가 있었다. 그리고 /어/의 B1은 인공와우 아동과 보청기 아동 간에는 차이가 있었으나 정상청력 아동과는 차이가 있었다. 그 밖의 /아/의 B1은 정상청력>인공와우>보청기 아동 순으로, /오/와 /으/의 B1은 인공와우>보청기>정상청력 아동 순으로 넓은 것으로 나타났다.

B1은 모음 발성 시 성대의 긴장성을 얼마나 잘 유지하는지를 살펴볼 수 있는 변수로 정상청력 아동이 인공와우 아동이나 보청기 아동보다, 남아가 여아보다 성대의 긴장성을 잘 유지하고 있음을 알 수 있다. 또한 전반적으로 모음 중에서는 /이/ 발성 시 성대의 긴장성을 가장 잘 유지하고 있는 것으로 나타났으며, 장애군마다 긴장성을 잘 유지하는 모음이 달랐다. /아/의 B1은 정상청력>인공와우>보청기 아동 순으로, /오/와 /으/의 B1은 인공와우>보청기>정상청력 아동 순으로 넓은 것으로 나타나 /아/는 보청기 아동이, /오/와 /으/는 정상청력 아동이 긴장성을 더 잘 유지하는 것을 알 수 있었다.

둘째, B2는 보청기 아동과 정상청력 아동이 인공와우 아동보다 B2가 유의미하게 넓었으며 보청기 아동이 정상청력 아동보다 B2가 넓었으나 유의미한 차이는 없었다. 여아가 남아보다 B2가 넓었고, 모음 중에서는 /이/의 B2가 가장 넓었고, /어/의 B2가 가장 좁았으며, 전반적으로 전설모음이 후설모음에 비해 B2가 넓었다. 장애와 성별에 따른 비교에서 정상청력 아동은 성별에 대한 B2의 차이가 거의 없는 반면에 보청기 아동과 인공와우 아동은 성별의 차이가 컸다. 그리고 보청기 아동은 여아가 남아보다 B2가 넓었으나 인공와우 아동은 남아가 여아보다 B2가 더 넓었다. 장애와 모음에 따른 비교에서 /아/의 B2는 장애 집단 간 B2의 차이가 거의 없었으며, /어/와 /으/의 B2는 정상청력 아동과 인공와우 아동 간에 차이는 거의 없었으나 보청기 아동과는 차이가 있었다. 그리고 /이/와 /우/의 B2는 정상청력>보청기>인공와우 아동 순으로 넓었고, /애/의 B2는 인공와우>정상청력>보청기 아동 순으로 넓었으며, /오/는 보청기>정상청력>인공와우 아동 순으로 넓었다.

B2는 방출 특성 중 전설성을 볼 수 있는 변수로 B2가 넓으면 전설성이 강한 것으로 볼 수 있는데 장애별로 보청기 아동과 정상청력 아동이 인공와우 아동에 비해 B2가 넓은 것은 모음 발성 시 보청기 아동과 정상청력 아동이 인공와우 아동에 비해 전설성이 강한 것으로 보이며 여아가 남아에 비해 전설성이 강하였다. 모음 중에서는 /이/의 B2가 가장 넓고 /어/의 B2가 가장 좁은 것으로 나타나 아동들의 경우 전반적으로 전설모음과 후설모음의 조음 위치는 잘 지키는 것으로 보인다. 장애군에 따라 모음의 B2가 각각 다르게 나타났다. /이/와 /우/의 B2는 정상청력>보청기>인공와우 아동 순으로, /애/의 B2는 인공와우>정상청력>보청기 아동 순으로, /오/는 보청기>정상청력>인공와우 아동 순으로 넓었는데 이는 정상청력 아동은 /이/와 /우/ 발성 시 전설성이 강하게, 인공와우 아동과

보청기 아동은 /애/나 /오/ 발성 시 전설성이 강하게 발성하는 것으로 보인다.

셋째, B3는 정상청력>보청기>인공와우 아동 순으로 넓었으며, 남아가 여아보다 B3가 넓었다. 모음 중에서는 /오/의 B3가 가장 넓었고 /애/의 B3가 가장 좁았으며, 전반적으로 저모음이 고모음보다 B3가 넓었다. 장애와 성별에 따른 비교에서 정상청력 아동과 보청기 아동은 남아가 여아보다 B3가 넓었으며 남아와 여아 간 차이도 컸으나, 인공와우 아동은 여아가 남아보다 B3가 넓었으며 남아와 여아 간 차이도 다른 장애 집단에 비해 작았다. 장애와 모음에 따른 비교에서 모든 집단에서 전설모음에서 후설모음으로 갈수록 B3가 넓어지는 경향을 보였는데 특히 원순모음인 /오/와 /우/의 B3가 넓었다. 장애 집단 별로 보면 보청기 아동이 전반적으로 B3가 좁았으며 /이/, /애/, /우/ 모음을 제외한 다른 모음에서는 정상청력 아동의 B3가 비교적 넓었다. /우/ 모음을 제외한 다른 모음에서 장애 집단 사이에 모음의 B3 차이가 각기 다르게 나타났다.

B3는 방출 특성 중 원순성과 관련된 변수로 B3가 넓은 것은 원순성이 강한 것을 의미한다. 그러므로 장애별로 정상청력>보청기>인공와우 아동 순으로 B3가 넓은 것으로 보아 정상청력 아동이 보청기 아동이나 인공와우 아동에 비해 모음 발성 시 원순성이 강한 것으로 보이며, 남아가 여아보다 원순성이 강한 것으로 보인다. 모음 중에서는 /오/가 원순성이 가장 강하고 /애/가 원순성이 가장 약한 것으로 나타났다. 장애와 성별에 대한 비교에서는 정상청력 아동과 보청기 아동의 경우 남아가 여아에 비해 B3가 넓은 것으로 나타나 남아가 모음 발성 시 여아보다 원순성이 강하게 발성하는 것으로 보인다.

본 연구에서는 청각장애 아동의 조음 특성을 설명할 수 있는 변수로 포먼트 대역폭을 제시하였다. 청각장애 아동의 경우 자음정확도나 발명료도가 높음에도 불구하고 말소리의 자연스러움이 결여되어 청각장애 음성 특성을 보이는 경우가 많다. 포먼트 대역폭 분석 결과 모음 산출 시 성대의 긴장성이나 전설성과 원순성의 정도가 정상청력 아동과 심도 청각장애 아동 사이에 차이가 있었다. 포먼트 대역폭이 지나치게 좁거나 넓으면 인위적인 발성으로 지각되거나 모음 간의 변별력이 낮아진다(Kent & Read, 2002). 포먼트 대역폭은 정상청력 아동에 대한 표준 지표가 마련되어 있지 않아 포먼트 대역폭으로 청각장애 아동의 모음의 조음 특성을 다 설명할 순 없고 모음 지각에서 결정적인 요소는 아니다. 하지만 정상적인 성대 개방과 혀의 위치, 입모양의 정확성을 설명해 주는 또 하나의 변수로 보이며, 청각장애 아동의 조음 치료에서 성대의 긴장성을 조절할 수 있는 능력을 향상시키고, 모음에 따라 혀의 전후방성, 입술의 원순성 정도를 적절하게 조절하여 적절한 포먼트 대역폭을 가질 수 있도록 도와줌으로써 청각장애 아동의 조음 능력과 말소리의 자연스러움을 함께 향상시켜 줄

수 있을 것이다.

참고문헌

Bolfan-Stosic, N. & Simunjak, B.(2007). Effects of Hearing Loss on the Voice in *Children, Journal of Otolaryngology - Head & Neck Surgery*. 36(2), 120-123.

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., Papsin, B., Mount, R., Cohen K., R. & Harrison, R.(2005). Acoustic analysis of the voice pediatric cochlear implant recipients: A longitudinal study. *Laryngoscope*. 115, 1046-1050.

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*. 16(3), 112-21.

Ferrand, C. T.(2007). *Speech Science: An integrated approach to theory and clinical practice(2nd ed.)*. MA: Allyn and Bacon.

Grayden, D. B. & Clark, G. M.(2006). Implant design and development. *Cochlear Implant: A practical guide(2nd ed.)*. Edited by Cooper, H. R. & Craddock, L. C. London: Whurr Publishers.

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*. 39(2). 102-105.

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*. 37(3), 510-521.

Hocevar-Boltezar, I., Vatovec, J., Gros, A. & Zargi, M.(2006). The influence of cochlear implantation on some voice parameters. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngol*. 70(4), 760-764.

Hocevar-Boltezar I, Radsel Z, Vatovec J, Geczy B, Cernele S, Gros A, Zupancic J, Battelino S, Lavrencak B, Zargi M.(2006). Change of phonation control after cochlear implantation. *Otology & Neurotology*. 27(4), 499-503.

Huh, M. J. & Jung, O. R.(1997). Acoustic characteristics of prelingual hearing impaired speaker. *Journal of speech & hearing disorders*. 6(1), 61-77.

(허명진, 정옥란(1997). 언어습득 전 난청자의 음향학적 특성. 『언어치료연구』. 6(1), 61-77.)

Hur, M. J., Lee, S. H., & Choi, S. K. (2005). The Study for /i/ Formant Change of Hearing Impaired Children with Cochlear Implantation. *Korean journal of speech sciences*. 12(2), 73-80.

(허명진 · 이상훈 · 최성규(2005). 청각장애 아동의 인공와우 착용기간에 따른 모음 /i/ 음형대의 변화 연구. *음성과학*, 12(2), 73-80.)

Kent, R. D. & Read, C.(2002). *The acoustic analysis of speech*. San Diego: Singular Publishing Group.

Kim, G. E., & Ko, D. H.(2007). Acoustic Characteristics of Some Vowels Produced by the CI Children of Various Age Groups. *Korean journal of speech sciences*. 14(4), 203-212.

(김고은, 고도홍(2007). 인공와우 이식 시기에 따른 모음의 음향음성학적 특성, 『음성과학』. 14(4), 203-212.)

Kim, S. H.(2007). Fundamental Frequencies of Normal Children's Voice in mutational Period, *Korean journal of speech science*, 14(4), 251-260.

(김선혜(2007). 변성기 일반 아동 음성의 기본주파수 연구. 『음성과학』, 14(4), 251-260.)

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.

Plant, G.(2006). Adult Rehabilitation. *Cochlear Implant: A Practical Guide(2nd ed.)*. Edited by Cooper, H. R. & Craddock, L. C. London: Whurr Publishers.

Shin, J. Y. & Cha, J, E(2003). The system of Korean speech sound: Towards the basic of Korean phonology. Seoul: Hankookmunhwasa.

(신지영 · 차채은(2003). 『우리말 소리의 체계: 국어음운론 연구의 기초를 위하여』. 한국문화사.)

Stevens, K. N. (2000). *Acoustic phonetics*. Cambridge, MA: MITPress

Uchanski, R. M. & Geers, A. E.(2003). Acoustic characteristics of the speech of young cochlear implant users: a comparison with normal-hearing age-mates. *Ear & Hear*. 24(1), 90-105

Wilson, B. S.(2006). Speech Processing Strategies. *Cochlear Implant: A Practical Guide(2nd ed.)*. Edited by Cooper, H. R. & Craddock, L. C. London: Whurr Publishers.

Yoon, M.S.(2004). The comparison of fundamental frequencies of children with different hearing level. *Malsori*. 52, 49-60.

(윤미선(2004). 청력수준에 따른 초등학교 아동의 기본주파수 비교. 『말소리』. 52, 49-60.)

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*. 100(5), 181-211.

• 최은아 (Choi, eunah)

원광대학교 보건보완의학대학원

전북 익산시 익산대로 460

Tel: 042-526-6875 Fax: 042-526-6887

Email: slpeunah@wonkwang.ac.kr

관심분야: 청각장애, 음성장애, 말과학

2012~현재 원광대학교 보건보완의학대학원 조교수