

청각장애 특수학교 유·초등부교실의 신호 대 잡음비에 관한 연구

한림대학교 보건대학원,¹ 한림대학교 의과대학 성심병원 이비인후과학교실,² 한림대학교 자연과학대학 언어청각학부³
양한석¹ · 이정학² · 김진숙³

ABSTRACT

A Study on the Signal-to-Noise Ratio of Classrooms for Toddlers and School-aged Children at Deaf Schools

Han-Suk Yang,¹ Jung-Hak Lee² and Jin-Sook Kim³

¹Department of Audiology, School of Public Health, Hallym University, Chuncheon, Korea

²Department of Otolaryngology, Sacred Heart Hospital, School of Medicine, Hallym University, Pyeongchon, Korea

³Section of Audiology, Hallym University, Chuncheon, Korea

This paper was attempted to measure the S/N, at 15 classrooms of preschools and elementary schools for the deaf children, which are located in Seoul and Incheon. The data were obtained from December, 1999 to March, 2000. The S/N was measured at each distance of 1 m, 2 m and 4 m from the teachers by both dB (A) scale and dBSPL scale with one octave band width from 125 Hz to 8,000 Hz. The results were as follows : 1) The S/N at the center frequencies of 500 Hz, 1,000 Hz and 2,000 Hz, important in the recognition of speech, was above +15 dB in the classrooms of 4 schools except one open school. 2) The distance from the teachers and children did not have significant effects on the S/N. 3) The environmental noise around the deaf schools did not give an influence on the S/N of the classrooms. 4) The numerical values of dBSPL scale were almost 10 dB higher than those of dB (A) scale in the low frequency area below 500 Hz.

KEY WORDS : Signal · Noise.

INTRODUCTION

청각장애의 유무와 관계없이 유치원 혹은 초등학교에 재학 중인 아동들의 학습은 대부분 교실이라는 제한적인 환경 속에서 이루어진다. 정상청력을 가진 아동보다 청각장애 아동의 학습 환경은 음향적으로 깊이 고려되어야 한다는 추론은 상식이다. 그러나 청각장애 특수학교 교실이 일반학교의 교실보다 음향적으로 우수한 환경이 아니라는 것 또한 현실이다.

개별학교의 재정상태 및 지역적 특성에 따른 편차는 있으나, 1980년대 초·중반 무렵부터 우리나라 청각장애 특수학교에서는, 각 교실과 특별실 등의 신호 대 잡음비를

개선하기 위해, 집단용 보청기 및 음향증폭용 보조기기들을 설치하고, 이를 활용해 왔다. 개인휴대용 보청기의 값이 비싸 학부모들이 쉽게 구입할 수 없었던 점과 음향적 환경을 담보하지 못한 교실 등의 이유가 그 같은 보조기기들의 필요성을 제기한 요인이었다. 그러나 집단용 보청기 및 음향증폭용 보조기기들의 활용효과에 대한 구체적 보고나 연구 결과를 국내에서 찾아보기는 2000년 현재에도 쉽지 않다.

반도체 기술의 비약적인 발달에 힘입은 최근의 보청기들은 크기의 극소화와 증폭의 극대화 및 음질의 최적화를 추구함과 동시에 DSP(digital signal processing) 방식으로 신호처리가 가능하다. 뿐만 아니라 인공와우(cochlear implant)와 같은 새로운 보장구의 출현으로 보청기로도 도움을 받기 힘든 고·심도 감각신경성 난청인들까지 음향적 환경 속에서 생활이 가능하게 되었다. 또한 국가 경제의 발전에 따라 교실의 음향적 환경도 과거에 비해 현저히 개선되었다.

앞서 언급한 바와 같이 청각장애 아동들을 위한 보청기

논문접수일 : 2006년 4월 21일

심사완료일 : 2006년 5월 26일

교신저자 : 양한석, 200-702 강원도 춘천시 옥천동 1번지 한림대학교 율곡관 7617 한림대학교 보건대학원

전화 : (033) 248-1451 · 전송 : (033) 248-1454

E-mail : noisecontrol@hallym.ac.kr

및 보조기기의 기술적 발전과 과거에 비해 향상된 교실의 음향적 환경에도 불구하고, 청각장애 특수학교 현장에 여전히 남아 있는 과제는 “교실 내에서 학생들이 구어(aural) 적 교수-학습방식에 의해 교사의 말을 얼마만큼 지각(perception)하고, 인지(recognition)하며, 그 같은 과정을 통해 얼마만큼 학습내용을 이해하고 있는가” 하는 것이다.

Elliot, Hammer & Scholl(1989)은 정상청력을 가진 학생들을 대상으로 /pa/와 /ba/같은 아주 미세한 차이가 나는 음절의 청각적 변별력을 검사하였다. 검사결과 청각적인 변별력은 학교생활을 성공적으로 수행할 수 있는 기초 학습능력과 밀접한 관계가 있었는데, 음운의 차이를 지각하거나 인지하지 못하는 어린이는 학습 면에서 실패할 확률이 매우 높았다.⁷⁾ 이같은 관점에서 교육적인 절차를 원활하게 하는 중요한 전제조건은, 말소리 지각을 위한 음향학적 학습환경이 준비되어야 한다는 것이다.

Crandell & Smaldino(1994)는 실내에서 화자와 청자의 음성 언어적 대화는 방의 음향적 특성에 의해 많은 영향을 받는다고 하였다.³⁾ 그같은 영향을 주는 요인들은 전달하고자 하는 소리의 크기, 주변 소음의 크기, 화자와 청자간의 거리, 반향시간(reverberation time), 언어요소, 발음요소 등이다. 이상의 여섯 가지는 정상적인 청력의 소유자보다 청각장애인에게 더 불리한 음향적 환경요인으로 작용한다. 음성언어환경에서 주변 소음은 음성언어의 많은 단서를 감소시켜 말 지각 및 언어인지를 방해한다. 앞서 언급한 여섯 가지의 음향적 특성 중 청자의 입장에서 듣고 싶은 소리의 크기와 주변소음의 차이를 신호 대 잡음비(signal to noise ratio, S/N)라 하는데, 예컨대 말소리 크기가 70 dB이고, 소음이 65 dB라면, S/N는 +5 dB가 된다. 음성 혹은 환경 음의 인식에 중대한 영향을 미치는 것은 주위 소음의 절대크기보다는 S/N이다.

음향적이고 언어적인 요인은 아동들을 위한 교실의 적절한 S/N에 영향을 줄 수 있다. 예를 들어 문장, 낱말, 무의미 음절, 모음, 자음과 같은 음향적인 자극은 소음 상태에서 말 지각 능력에 영향을 끼칠 수 있다. 또한, 문장은 단음절어 보다 더 많은 언어적인 정보를 포함하고 있다. 따라서 소음 상태에서 문장으로 말해진 정보를 이해하려 할 때, 더 높은 S/N가 정확한 단어인지를 하는데 필요하다. 게다가 화자의 목소리 크기와 소음의 장기적 스펙트럼 등은 모두 청자의 말 지각 능력에 영향을 끼친다. 일반적으로 정상 청력을 가진 성인에 비해 청각장애를 가진 아동에게 보다 적합한 S/N가 필요하고, 그래야만 소음 상태에서 적당한 의사소통 효과를 보게 된다.

선행연구들에 의하면, 감각신경성 청각장애를 가진 청자를 위한 학습 환경의 S/N는 말 인지의 극대화를 위해 최

소한 +15 dB 이상이 되어야하며, 청각장애 아동들을 위해서는 최소한 S/N가 +10~+15 dB 정도가 되어야한다.³⁾⁵⁻⁷⁾ 이상의 제언을 각 교실에서 이루게 하기 위해서는 빈 교실에서의 소음 수준이 권장 기준 20~30 dB(A) 또는 NCC(noise criteria curve)가 20~25 dB Curve를 넘지 않아야한다.⁷⁾

이상에서 살펴본 바에 따라 이번 연구에서는 청각장애 특수학교 유·초등부 교실의 음향적 특성 중 S/N를 조사하여 분석해 보고자 한다.

MATERIALS AND METHODS

연구대상

1999년 12월부터 2000년 3월 사이, 서울특별시 및 인천광역시에 위치한 청각장애 특수학교 유치부 및 초등부의 15개 학급 교실에서 교사의 음성신호 대 교실소음의 S/N를 측정하였다. 125~8,000 Hz의 주파수 구간, 한 옥타브 간격으로 교사로부터 각각 1 m, 2 m, 4 m 떨어진 지점에서 dB(A) scale과 dBSPL scale로 구분하여 측정하였다. 연구 대상 교실의 분포는 Table 1과 같다.

측정절차 및 도구

측정절차

수업 중인 교사로부터 각각 1 m, 2 m, 4 m 떨어진 지점의 지상으로부터 1 m 높이에 소음계를 각각 위치시킨 후, 중심주파수(center frequency)가 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1,000 Hz, 2,000 Hz, 4,000 Hz, 8,000 Hz인 한 옥타브 주파수대역(one octave band width)에서 교사의 음성신호를 dB(A) scale과 dBSPL(linear) scale로 각각 1분간 측정하여 평균값을 구하였다. 교사의 음성신호를 측정할 때는 교사의 음성신호를 초과하는 돌발적인 소음을 적절히 통제하고 측정하였고, 문제 발생시에는 재 측정을 실시하였다. 교실 소음은 교실 중앙, 지상으로부터 1 m 높이인 지점에 소음계를 위치하고, 교사의 음성신호가 없을 때, 중심주파수가 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1,000 Hz, 2,000

Table 1. 연구 대상 교실

학 교	유 치 부	초 등 부		계
		저학년	고학년	
서울 「A」	1	1	1	3
서울 「B」	2	1	1	4
서울 「C」	1	1	1	3
서울 「D」	1	1		2
인천 「E」	1	1	1	3
계	6	5	4	15

Hz, 4,000 Hz, 8,000 Hz인 한 옥타브 주파수대역에서 dB (A) scale과 dB SPL scale로 각각 1분간 측정하여 평균값을 구하였다. 교실 소음은 교사의 음성신호를 적절히 통제하고 측정되되, 계절의 특성상 교실 내부에서 온풍기의 팬이 작동될 때 발생하는 지속적인 소음이나, OHP와 같은 시청각 기기 등을 활용할 때 발생하는 소음은 통제하지 않고 측정하였다. 책상다리가 바닥에 긁혀서 나는 소리나, 어찌다 발생하는 학생들의 기침소리 같은 것도 통제하지 않았다. 그러나 학교 내외의 각종 공사나 자동차의 경적으로 인해 돌발적으로 소음이 발생하는 경우에는 재 측정하였다.

측정된 교사의 음성신호와 교실소음의 차이를 이용하여 교사로부터 거리가 각각 1 m, 2 m, 4 m인 지점에서 dB(A) scale일 때와 dB SPL scale일 때의 S/N를 구하고, 이렇게 구해진 S/N가 청각장애 특수학교 교실 환경에 적절한 +15 dB 이상의 수준인가를 알아보고, 음원인 교사로부터 거리가 2배(1 m, 2 m, 4 m)씩 멀어질수록 S/N가 감소하는지 분석한다.

측정도구

덴마크 B&K사의 1급 소음계 Type 2260을 사용하여 각 교실의 S/N을 측정하였고, 측정시의 소음 측정 준거는 Table 2와 같다.

RESULTS

1999년 12월부터 2000년 3월 사이, 서울특별시 및 인천광역시에 위치한 청각장애 특수학교 유치부 및 초등부의 15개 학급 교실에서 교사의 음성신호 대 교실소음의 S/N를 측정하였다. 125~8,000 Hz의 주파수 구간, 한 옥타브 간격으로 교사로부터 각각 1 m, 2 m, 4 m 떨어진 지점에서 dB(A) scale과 dB SPL scale로 구분하여 측정한 실험결과는 다음과 같다.

열린 교실을 운영하는 「D」학교를 제외한 「A」, 「B」, 「C」, 「E」 학교 대부분의 교실은 말인지에 중요한 중심주파수 500 Hz, 1,000 Hz, 2,000 Hz에서 교사의 음성신호와 교실소음간의 S/N가 +15 dB 이상으로 측정되었다. 교사와

Table 2. 소음 측정 준거

B&K Type 2260	
Range	21.0-101.0 dB
Band width	1/1-Oct.
Peak over	140 dB
Time weight	Broad band : slow
Frequency weight	Spectrum meas. : slow
	Broad band meas. : A&L
	Broad band stat. : A&L
	Spectrum meas. : A&L

학생간 거리 차는 S/N에 영향을 주지 못하였다. 5개 청각장애 특수학교 주변의 환경소음은 교실의 S/N에 영향을 주지 못하였다. 500 Hz 이하의 저주파수 대역에서 dB SPL scale로 측정된 수치는 dB(A) scale로 측정된 수치보다 약 10 dB 이상 크게 측정되었다. 이상의 결과는 Table 3-1,

Table 3-1. A학교 3개 학급의 S/N 평균

Center frequency (Hz)	S/N					
	DB (A)			dB SPL		
	1M	2M	4M	1M	2M	4M
125	7.50	10.07	5.45	9.70	2.63	15.15
250	9.70	10.30	3.65	14.45	10.73	17.15
500	15.10	15.73	10.75	24.35	24.27	23.85
1,000	17.15	19.90	12.70	25.50	31.53	24.85
2,000	15.05	15.43	9.30	19.00	29.27	18.55
4,000	13.80	12.87	8.05	14.75	21.77	14.00
8,000	9.70	9.20	5.00	7.90	12.23	7.10

Table 3-2. B학교 4개 학급의 S/N 평균

Center frequency (Hz)	S/N					
	DB (A)			dB SPL		
	1M	2M	4M	1M	2M	4M
125	12.07	10.18	4.97	9.90	8.00	6.08
250	18.48	15.88	11.90	19.57	18.27	13.88
500	24.05	20.13	18.13	22.60	21.35	17.63
1,000	24.68	21.88	18.65	24.18	21.00	18.93
2,000	20.13	19.35	14.00	21.40	18.32	15.15
4,000	16.80	14.55	11.07	16.63	14.25	10.82
8,000	11.73	9.97	6.30	12.23	9.03	6.55

Table 3-3. C학교 3개 학급의 S/N 평균

Center frequency (Hz)	S/N					
	DB (A)			dB SPL		
	1M	2M	4M	1M	2M	4M
125	17.10	6.80	11.40	8.50	2.10	13.40
250	21.80	8.10	10.00	23.30	13.77	15.60
500	20.20	13.23	17.60	29.80	18.50	19.25
1,000	23.50	12.93	16.50	29.60	24.73	18.50
2,000	19.70	10.80	15.00	24.10	19.23	14.15
4,000	20.50	6.57	15.10	18.80	11.67	8.95
8,000	15.50	5.77	10.15	8.40	6.33	0.45

Table 3-4. D학교 2개 학급의 S/N 평균

Center frequency (Hz)	S/N					
	DB (A)			dB SPL		
	1M	2M	4M	1M	2M	4M
125			7.50			14.50
250			-2.00			10.00
500			6.50			13.50
1,000			7.50			10.50
2,000			8.50			11.00
4,000			8.00			12.00
8,000			8.00			9.50

Table 3-5. E학교 3개 학급의 S/N 평균

Center frequency (Hz)	S/N					
	DB (A)			dB SPL		
	1M	2M	4M	1M	2M	4M
125	10.90	1.17	7.20	8.90	1.50	3.05
250	14.85	10.20	9.45	11.35	11.23	7.10
500	20.10	11.00	16.70	22.70	17.33	20.75
1,000	20.40	12.13	18.00	22.50	18.37	21.80
2,000	19.25	11.43	17.55	18.50	14.67	18.25
4,000	17.05	9.40	16.05	14.80	12.10	13.85
8,000	9.85	0.47	4.10	7.50	6.53	5.05

Table 3-6. 5개 학교 15개 학급의 S/N 평균 (4M 기준)

Center frequency (Hz)	S/N	
	DB (A)	dB SPL
	4M	4M
125	7.30	10.44
250	6.60	12.75
500	13.94	19.00
1,000	14.67	18.92
2,000	12.87	15.42
4,000	11.65	11.92
8,000	6.71	5.73

2, 3, 4, 5, 6에서 살펴볼 수 있다.

DISCUSSIONS

연구의 배경에서 살펴본 바에 의하면, 감각신경성 청각 장애 아동의 의사소통을 극대화하기 위해서는 교실의 S/N가 최소 +15 dB를 초과해야하며, 음원(교사)으로부터 멀어질수록 S/N는 감소한다.

「A」, 「B」, 「C」, 「E」 학교들의 교실 내부 공간의 크기는 대략 80.7~90.2 m³ 정도였고, 교사들은 수업 중에 때때로 수화를 병용하였으나 전반적으로는 구화를 통한 교수-학습방법을 사용하였다. 「B」 및 「E」 학교의 경우, S/N가 낮게 나타난 이유는 수업 중에 학생들이 책상을 두드리거나, 웃거나, 의자를 끄는 등의 저주파수성 소음을 많이 발생시킨 결과라 생각한다.

「D」 학교의 경우는 열린 교육을 위해, 실내 공간이 약 1161.6 m³인 교실에서 2개 내지는 3개 학급이 동시에 수업을 진행하였고, 학급의 구분은 칸막이 정도였으므로, 2~3명의 교사가 동시에 수업을 진행할 때, 교사들의 음성 신호가 증첩되는 경향이 있어, 실제 수업 중 교사의 음성 신호와 실내 소음을 구분하여 측정하기란 쉽지 않았다. 그러나 실제 상황(real life)에서 측정하고자 한 실험적 의도 때문에 실험대상 학급이 아닌 다른 학급들이 필기를 하거나 기타 활동을 하는 시간을 이용하여 측정하였고, 수업의

특성상 교사와의 거리 4 m 지점 한곳에서만 측정하였는데, 두 척도 모두에서 권장 S/N를 초과하지 못하는 결과를 보였다.

실험대상 15개 학급의 모든 교실에서 교사와 학생간의 거리는 S/N에 별다른 영향을 미치지 못하였는데, 이는 교과목에 따른 수업 특성, 교사가 특히 강조하여 가르치는 수업의 내용, 측정 당시 교사의 상태, 교사 개개인의 말소리 특성 등에 기인하는 바가 크다고 생각한다.

실험대상 5개 학교 모두 도심에서 벗어난 비교적 조용한 주택가에 위치하고 있어, 학교 외부의 환경 소음은 크지 않았고, 측정 당일 학교 주변에서 공사를 하거나 돌발적인 소음은 발생하지 않았다. 따라서 본 실험에서 학교 외부의 소음이 교실내의 S/N에 끼친 영향은 거의 없었다. 단, 복도에서 간혹 발생하는 실내 소음은 통제하지 않았다.

실험결과에 영향을 준 변인들은 수업을 진행하는 교사의 개별적 특성과 교과에 따른 수업진행방식의 차이, 수업 내용에 따라 교실 내에서 가변적인 학생의 위치, 교실의 구조적 구성, 즉 열린 혹은 닫힌 교실의 형태 등이었다. 그러므로 '실험절차가 수업에 지장을 주지 않는 범위로 제한된 상황에서 측정된 실험결과에 얼마만큼의 신뢰를 가질 수 있는가?' 하는 점은 이번 연구의 약점일 수 있다. 그러나 최대한 자연스런 수업상황(real life)에서 데이터를 수집하고자 노력했고, 그 결과 교실 내에서 이루어지는 다양한 방식의 수업형태에 관한 S/N를 수집할 수 있었던 것 또한 이번 연구의 장점이라 하겠다. 또한 청각장애 특수학교 교실의 S/N에 관한 본 연구는 교실 수업 상황에서 말 지각 및 언어인지를 증진시키기 위해 청각장애 특수학교 교실의 음향적 환경개선이 필요함을 알리는 기초 자료를 제공할 수 있다. 예컨대 지체부자유 특수학교에서 경사사가 필수적인 것처럼 청각장애특수학교 교실의 음향적 환경개선은 반드시 선행되어야 할 과제이다. 그러나 개인적인 관심사에 의해 수업 중인 교실의 개방을 요구하는 것 자체가 현실적으로 쉽지 않았다. 따라서 이 같은 주제에 대해서는 특정 개인보다는 관련 전문가들로 구성된 팀 접근방식이 바람직하다고 생각한다.

이번 연구에서는 교실 내에서의 말 지각 및 인지에 영향을 주는 여러 가지 음향적 변인들 가운데, 특히 S/N에 관하여 논하였다. 그러나 교실에서는 소음(noise)과 반향음(reverberation)이 서로 시너지(synergy)현상을 일으켜 말 인지에 변인으로 작용한다.¹⁻³⁾ 예컨대, 소음 상태에서 청자의 말인지가 5% 감소하고, 또 반향음 환경에서도 말인지가 5% 감소한다고 가정할 때, 소음과 반향음의 두 가지 조건이 모두 공존하는 환경에서는 20~30% 정도의 말인지 감소를 예측할 수 있다. 또한 정상 청력의 성인 청자보

다 감각신경성 청각장애를 가진 아동이나 성인의 말인지에 소음과 반향음이 미치는 영향이 크다는 연구가 많이 보고되고 있다. 따라서 S/N와 반향음의 상관관계를 함께 고려한 후속 연구들이 필요하다고 생각한다.

CONCLUSIONS

이상의 결과는 서울 및 인천 지역에 위치한 청각장애 특수학교의 유치부 및 초등부 교실의 S/N이, 말 인지에 중요한 중심주파수대역인 500 Hz, 1,000 Hz, 2,000 Hz에서 권장 S/N인 +15 dB에 근접하고 있음을 보여주고 있으나, 그 이유가 교실내부 환경에 대한 음향적 처치 때문인지, 학교주변의 소음수준이 낮은데 기인하는 것인지 명확히 밝히지는 못하였고, 교사와 학생간의 거리 차가 S/N에 뚜렷한 영향을 주지 못함을 밝히고 있다.

또한 청각장애 특수학교에서의 열린 교실은 한 공간 내에 다수 교사의 음성신호가 중첩하여 존재하므로 공간 내에서의 단일한 S/N를 구하기 어려울 뿐 아니라, 음성신호의 중첩으로 인해 학생들의 말인지 능력이 현저하게 감소됨을 예측할 수 있다. 그러므로 청각장애 특수학교에서의 열린 교실은 FM중폭기를 이용한 음향적 환경개선이 시급한 과제라고 생각한다.

중심 단어 : 신호 · 잡음.

ACKNOWLEDGEMENTS

이 논문을 지도해 주신 이정학, 김진숙 교수님과 논문의 자료 수집을 위해 수업 중인 교실을 흔쾌히 개방해주신 여러 선생님들께 진심으로 감사드립니다.

REFERENCES

1. Crandell C. Classroom acoustics for normal-hearing children: Implication for rehabilitation. Educational Audiology Monograph. 1991;2(1):18-38.
2. Crandell C, Bess F. Speech recognition of children in a "typical classroom setting". ASHA. 1986;29:87.
3. Crandell C, Smaldino J. An update of classroom acoustics for children with hearing impairment. The Volta Review;1994.
4. Crum D. The effects of noise, reverberation, and speaker-to-listener distance on speech understanding. Unpublished doctoral dissertation, Northwestern University, Evanston, IL;1974.
5. Beranek L. Acoustics. New York, McGraw-Hill;1994.
6. Borrild K. Classroom acoustics, In M. Ross & T. Giolas (Eds.), Auditory management of hearing impaired children (pp. 145-179), Baltimore, University Park Press;1984.
7. Elliott LL, Hammer MA, Scholl ME. Fine grained auditory discrimination in normal children and children with language-learning problems, Journal of Speech and Hearing Research. 1989;32:112-119.
8. Finitzo-Hieber T. Classroom acoustics, In R. Roeser & M. Downs (Eds.), Auditory disorders in school children, New York, Thieme-Stratton;1988.
9. Fourcin A, Joy D, Kennedy M, Knight J, Knowles S, Knox E, Martin M, Mort J, Penton J, Poole D, Powel Cl, Watson T. Design of educational facilities for deaf children. British Journal of Audiology. Supplement #33, 1980.
10. Gengel R. Acceptable signal-to-noise ratios for aided speech discrimination by the hearing impaired. Journal of Auditory Research. 1971;11:219-222.