

반향시간과 신호대잡음비가 정상성인과 난청노인의 단음절 어음재인도에 미치는 영향

한림대학교 보건대학원 재활학과 청각학전공,¹ 한림대학교 대학원 청각학전공,²
한림대학교 언어청각학부 청각학전공, 청각언어연구소³

이상백¹ · 구성민² · 임덕환³

ABSTRACT

Effects of Reverberation Times and Signal to Noise Ratios on Discrimination of Monosyllabic Words in Normal Young and Hearing-Impaired Elderly Subjects

Sang-Baek Lee,¹ Sung-Min Koo² and Dukhwan Lim³

¹Section of Audiology, Graduate School of Public Health, ²Section of Audiology, Graduate School,

³Section of Audiology, Research Institute of Audiology & Speech Pathology, Hallym University, Chuncheon, Korea

The reverberation time (RT60) was known as one of the major environmental variables that could affect auditory performances. The purpose of this study was to investigate the effects of reverberation times and S/N ratios on discrimination scores of monosyllabic words in normal and elderly adults. The participated subjects were eleven normal (with the mean age of 20.5 and mean HL of 1.7 dB) and five elderly adults (with the mean age of 74.8 and mean HL of 38.4 dB). The reverberation time was digitally synthesized using Sabine equation and the test set were RTs of 0, 24, 480, 960, 1,920, and 3,840 msec. The combined signal to noise ratios were at the levels of -10, 0, and +10 dB with both contralateral and ipsilateral conditions. The results showed that monosyllabic word discrimination scores were significantly influenced by reverberation times and S/N ratios. The elderly adults with reduced hearing status exhibited greater difficulties as reverberation times increased and S/N ratios reduced. In these experimental groups, discrimination scores reached the peak values at the positive RTs and the performance scores were deteriorated thereafter. This influence of noise was pronounced under ipsilateral conditions. In conclusion, the degree and level of these discrepancies from those of normal subjects appeared to be reliable quantitative indicators of higher levels of functional hearing status and could be used as practical performance measures in auditory training and rehabilitation programs.

KEY WORDS : Reverberation time · Signal to noise ratio · Word recognition score.

INTRODUCTION

청각기능에 영향을 주는 청취환경은 청각기능의 상태를 직간접적으로 나타내는 변수로 사용될 수가 있다. 이 주요 청취환경 변수 중에서 소음과 반향이 있으며, 청각인지과정에 미치는 영향이 다양하다. 그 예로 정상청력을 가진 성인의 경우에도 청취 환경에 존재하는 소음은 어음처리능력에 기능적인 손실을 가져오고,³⁾ 반향도 유사한 경향을 보인다.⁷⁾⁸⁾

동일한 조건에서, 감각신경성 난청인들은 이러한 신호의 왜곡에 대하여 정상인들보다 더 영향을 받는 것으로 보고되고 있다.⁷⁾⁸⁾ 노인성 난청에서도 일반적인 감각신경성 난청과 비슷한 결과가 보고되고 있다.⁹⁾¹⁰⁾ 특히, 실제 청취환경에서 흔히 관찰되듯이, 이러한 소음과 반향이 결합되는 경우에는 정상청력을 가진 성인들조차도 어음이해에 어려움을 느끼는 것으로 보고되고 있다.⁷⁾⁸⁾

본 연구에서 분석하고자 하는 청취환경 요인 중에서, 반향(reverberation)이라 함은 교실이나 콘서트홀과 같은 공간에서 일어나는 음향적인 현상으로서, 공간의 표면과 의자나 캐비닛과 같은 그 공간 안의 구성물로부터의 반복되는 반사와 산란의 결과로서 소리의 강도가 총체적으로 지속되는 현상을 의미한다(ANSI S12.60-2002). 이러한 특

논문접수일 : 2008년 1월 15일

심사완료일 : 2008년 3월 2일

교신저자 : 임덕환, 200-702 강원도 춘천시 옥천동 1번지

한림대학교 언어청각학부 청각학전공, 청각언어연구소

전화 : (033) 248-2217 · 전송 : (02) 6280-9133

E-mail : dlim@hallym.ac.kr

성을 나타내는 변수 중에 하나가 반향시간(reverberation time)이며, 이는 어느 한 지점에서 소리가 측정된 후, 같은 장소에서 최초 소리 강도보다 60 dB 감소되는데 걸리는 시간으로 정의된다(RT60).²⁾

일반적으로 RT는 방의 크기와 Sabine으로 표시되는 방의 전체 흡음 면적, 그리고 벽, 천장, 마루, 창문과 방을 채운 가구나 사람과 같은 공간 물질의 특성과 연관되어 있다. 이들을 특수한 조건에서 RT60과 유도하여 표현한 것이 Sabine equation이며, 다음의 식에 의거하여 표현된다.

$$RT60=0.161V/A$$

여기서, V는 밀폐된 공간의 부피로 정의되며, A는 방의 전체 흡음 지수이며, 면적 단위를 갖는 Sabine으로 표시된다. 이 식에서 0.161은 RT를 sec로 표시하고, V를 m³으로 표시하고, A를 Sabine(m²)으로 표시 했을 때 얻어지는 상수이다.

일반적으로는 RT가 너무 짧으면 음향적으로 건조하게 된다. 반면에 이 RT가 너무 길면 반향이 심하게 인지되며, 해당 어음재인도가 감소하게 된다. 이러한 어음재인도의 감소는 실내의 반향에 의해서 반사된 에너지가 차폐나 흐려짐을 통해서 어음인지에 영향을 미치는 것으로, 귀에 도달하는 반사된 신호는 일시적으로 지연되고, 직접적인 신호와 중첩됨으로서, 어음신호인지의 저하를 가져오는 것으로 알려져 있다.⁷⁾⁸⁾ 이동과 감각신경성 난청인들의 어음인지는 반향이 증가함에 따라서 정상인들의 경우보다 더 불리한 영향을 받는 것으로 보고되어 있다.⁴⁾⁷⁾⁸⁾

청취환경에 영향을 주는 또 다른 변인은 신호대잡음비가 있다.¹¹⁾ 이 신호대잡음비(Signal to Noise Ratio : SNR)는 잡음의 크기에 비해서 신호의 크기가 얼마나 더 큰가를 상대적으로 나타내는 수치로 정의된다. 정상 성인이 말소리를 최대 이해하기 위해서는 신호대잡음비가 +6~+10 dB 정도 요구되지만, 감각신경성 난청이 있는 성인의 경우 자신의 청력을 최대 활용하기 위해서는 정상인보다 약 15 dB 정도 더 높은 신호대잡음비가 요구된다는 연구결과도 있다.⁴⁾

본 연구에서는 반향시간의 변화에 따른 정상성인과 난청노인의 어음재인도 변화를 살펴보고, 추가적으로 반향시간(RT60)과 신호대잡음비(SNR)가 결합되었을 때, 이 두 가지 요인이 어음재인도에 미치는 영향을 체계적으로 분석하고자 하였다.

MATERIALS AND METHODS

연구장비 및 대상

본 연구에는 전산합성된 음원, 청력검사기(GSI 61, Gra-

son-Stadler, Inc), 이미턴스검사기(GSI 33, Grason-Stadler, Inc)가 사용되었다. 연구대상에서 정상그룹은 중이에 질병이 없고 고막운동성검사(tympanometry)에서 A형이며, 순음평균역치(pure tone average, 3분법)가 20 dBHL 이내의 정상청력을 가진 11명이 선정되었다(Table 1, 평균연령 20.5세, 평균청력 1.7 dBHL). 난청노인그룹에는 고막운동성검사(tympanometry)에서 A형이며, 기도와 골도의 차이가 10 dB 이내인 경도에서 중고도의 감각신경성 난청을 가진 5명의 노인이 참여하였다(Table 2, 평균연령 74.8세, 평균청력 38.4 dBHL).

연구방법

난이도를 적절히 조절한 50개의 표준화된 단음절 단어를 한 set로 하여,¹⁾ 총 4개의 set를 20대의 성인 남자의 목소리로 녹음한 다음, 이것을 서론에서 언급된 Sabine 계산식에 근거한 전산작업을 통해서 반향시간을 각각 0 msec, 240 msec, 480 msec, 960 msec, 1,920 msec, 3,840 msec가 되도록 합성하였다.

이 때 조건은 가로 22 m, 세로 30 m, 높이 14 m 되는 중형 크기의 콘서트홀로 가정하였고, 계산 과정에서는 early reflection 성분만을 고려하였다. 이 과정에서 총 24개의 음원(4 Set×6 단계의 RT60)이 구성되었고, 20대의 정상청력을 가진 성인 11명과 감각신경성 난청을 가진 노인 5명을 대상으로 하여 실험이 진행되었다. 피검자에게 방음실에서 헤드폰을 통해서 각각 다른 RT 그룹에서 무작위로 추출된 한 개의 set가 제시되었고, 이에 대한 어음재인도(Word Recognition Score : WRS)가 평가되었다. 이 때 자극음의 강도는 정상성인의 경우 50 dBHL로 하고, 난청노인의 경우 MCL 수준으로 하였다. 또한, 반향시간과 신호대잡음비의 상호작용이 어음재인도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 각 RT 그룹에 대해서, SNR을 달리하여, SNR=-10, SNR=0, SNR=+10의 잡음(speech noise)을 대측과 동측으로 구분하여 주고, 각각의 어음재인도(Word Recognition Score : WRS)를 추가로 기록하고 분석하였다.

RESULTS

실험결과는 정상집단에서 대측과 동측에 소음이 제시된 경우와 노인성난청 집단에서 대측과 동측에 소음이 제시된 경우로 분류하였다.

정상집단에 대한 어음재인도 결과

실험에서 얻어진 어음재인도 결과는 반향시간과 소음제시조건에 따라서 분류되었다(Fig. 1, Table 3 and 4).

Table 1. 정상성인 집단에서 피검자별 청력

	Age	Sex		250	500	1000	2000	4000	8000	MCL	UCL	SRT	WRS	비고
N1	20	F	R	5	0	5	5	0	5	50	95	-5	100%	TE
			L	5	5	0	5	5	15	50	95	5	100%	
N2	20	F	R	0	0	5	5	-5	-5	50	80	0	95%	TE
			L	0	-5	5	-10	-10	5	50	80	-5	100%	
N3	20	F	R	10	5	5	10	-5	10	55	100	-10	100%	TE
			L	0	0	-5	0	-10	0	45	90	-10	100%	
N4	20	F	R	10	0	0	-5	0	10	45	90	-5	100%	TE
			L	10	5	0	0	10	0	50	90	-5	100%	
N5	21	M	R	5	10	0	0	0	5	55	100	0	100%	TE
			L	5	5	0	-5	5	5	55	100	0	100%	
N6	23	F	R	5	5	0	-10	0	-10	50	85	5	100%	TE
			L	5	0	0	-5	-5	-10	50	85	0	100%	
N7	21	F	R	10	10	5	5	0	0	50	90	0	100%	TE
			L	5	5	0	0	-5	-5	50	90	0	100%	
N8	20	F	R	-5	0	5	-5	0	-10	55	75	-5	100%	TE
			L	0	0	-10	-10	10	-10	55	80	-10	100%	
N9	20	F	R	10	5	5	5	-5	-5	60	90	5	100%	TE
			L	10	0	10	0	0	-10	60	85	-5	100%	
N10	20	F	R	10	10	5	5	5	15	60	90	10	100%	TE
			L	10	10	5	5	10	15	60	90	10	100%	
N11	20	F	R	10	0	0	5	-5	5	50	85	-10	100%	TE
			L	5	0	0	5	5	5	45	90	0	100%	

Table 2. 난청노인 집단에서 피검자별 청력

	Age	Sex		250	500	1000	2000	4000	8000	MCL	UCL	SRT	WRS	비고
S1	76	M	R	0	0	5	0	30	45	70	90	0	95%	TE
			L	10	0	5	15	45	65	75	100	5	80%	
S2	74	M	R	65	65	55	50	70	90	70	100	65	40%	TE
			L	55	50	50	50	85	70	100	60	44%		
S3	72	F	R	20	25	25	45	65	90	65	90	15	60%	TE
			L	25	30	25	35	60	95	65	90	20	40%	
S4	76	M	R	40	40	45	65	85	85	75	105	45	20%	TE
			L	45	50	55	70	95	80	110	50	15%		
S5	76	M	R	55	50	45	55	60	90	80	110	65	52%	TE
			L	45	40	50	55	70	100	80	110	65	48%	

TE : Test Ear, S3 : 양이에 이명이 있음, S2, S4, S5 : 보청기 사용자, S1, S3 : 보청기 사용 경험 없음

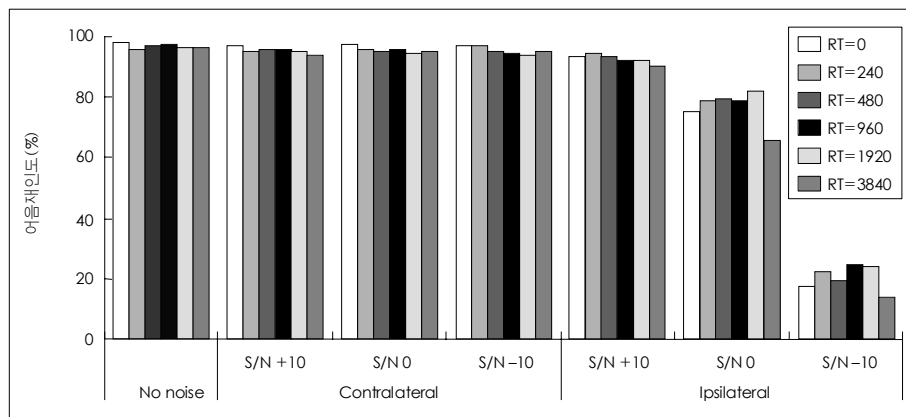


Fig. 1. 정상성인 집단에서 반향시간과 SNR 변화에 따른 어음재인도 결과.

Table 3. 정상성인 집단에서 RT 변화에 대한 one-way ANOVA 통계분석결과

Condition	ANOVA	df	F	Sig.	
No noise	Between groups	5	1.024	0.412	
	Within groups	60			
	Total	65			
Contralateral	S/N +10	Between groups	5	0.787	0.563
		Within groups	60		
		Total	65		
	S/N 0	Between groups	5	0.875	0.503
		Within groups	60		
		Total	65		
	S/N -10	Between groups	5	1.098	0.371
		Within groups	60		
		Total	65		
Ipsilateral	S/N +10	Between groups	5	0.905	0.484
		Within groups	60		
		Total	65		
	S/N 0	Between groups	5	2.633	0.032*
		Within groups	60		
		Total	65		
	S/N -10	Between groups	5	4.662	0.001*
		Within groups	60		
		Total	65		

* : p<0.05

대측에 소음이 제시된 조건

대측에 소음이 제시된 조건에서 정상성인 집단을 대상으로 소음이 없는 조건과 대측에 SNR을 변화시킨 조건하에서, 반향시간에 따른 어음재인도는 평균적으로 95% 이상을 나타내었지만, 통계적으로 유의미한 차이는 없었다(one-way ANOVA, $p>0.05$). 그리고 동일한 소음수준에서의 반향시간에 따른 어음재인도 또한 유의미한 차이를 보이지 않았지만(one-way ANOVA, $p>0.05$), 반향시간이 증가함에 따라 어음재인도가 낮아지는 경향을 나타내었다.

동측에 소음이 제시된 조건

동측에 소음을 제시한 경우에는 대측의 상황과 달리 소음의 영향으로 SNR이 감소함에 따라 어음재인도가 감소함을 나타내었고, 특히 SNR=0 dB에서 SNR=-10 dB로 소음이 증가할 때 어음재인도의 급격한 하락을 보였다. 각각 동일한 소음수준에서 대측의 상황과 달리 SNR=0 dB와 SNR=-10 dB인 경우에서 반향시간이 변화함에 따라서, 어음재인도가 통계적으로 유의미한 차이를 보였고(one-way ANOVA, $p<0.05$), 특히 RT가 1,920 msec에서 3,840 msec로 증가할 때 어음재인도가 평균 10%의 감소를 보였다.

소음을 동측과 대측에 제시한 경우의 어음재인도는 SNR

Table 4. 정상성인 집단에서 RT 변화에 따른 동측과 대측 소음제시 조건에서의 어음재인도 비교

Contra-Ipsi	RT (msec)	t	df	Sig. (2-tailed)
S/N +10	0	2.823	10	0.018*
	240	0.729	10	0.483
	480	2.020	10	0.071
	960	1.930	10	0.082
S/N 0	0	9.228	10	0.000*
	240	10.232	10	0.000*
	480	5.823	10	0.000*
	960	5.645	10	0.000*
S/N -10	0	45.211	10	0.000*
	240	41.189	10	0.000*
	480	31.508	10	0.000*
	960	30.684	10	0.000*
	1920	36.601	10	0.000*
	3840	34.765	10	0.000*

* : p<0.05

=+10 dB인 조건하에서는 RT=0msec와 RT=3,840 msec인 경우에, SNR=0 dB와 SNR=-10 dB인 조건하에서는 모든 경우에서 통계적으로 유의미한 차이를 보였다(paired-t test, $p<0.05$).

정상성인 집단에서 반향시간이 일정할 때, SNR에 따른 어음재인도는 대측에 소음을 제시한 경우, 소음수준에 따라 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 그러나 동측에 소음을 제시한 경우는 SNR=0 dB에서 SNR=-10 dB로 증가할 때, 어음재인도의 급격한 감소(50~60%)를 보였다(Table 5, one-way ANOVA, $p<0.05$).

난청노인 집단에 대한 어음재인도 결과

실험에서 얻어진 어음재인도 결과는 반향시간과 소음제시조건에 따라서 분류되었다(Fig. 2, Table 6 and 7).

전반적으로 난청노인 집단의 경우 정상성인 집단에 비해서 어음재인도가 현저히 저하되었고, 청력손실 정도에 따라서 개인의 어음재인도 편차가 높게 나타났다.

대측에 소음이 제시된 조건

난청노인 집단에서도 정상성인 집단과 마찬가지로 소음이 없는 조건과 대측에 SNR을 변화시킨 조건하에서의 반향시간에 따른 어음재인도는 통계적으로 유의미한 차이는 없었다(one-way ANOVA, $p>0.05$). 또한 각각 동일한 소음수준에서 반향시간에 따른 어음재인도 결과도 유의미한 차이를 보이지 않았지만(one-way ANOVA, $p>0.05$),

Table 5. 정상성인 집단에서 SNR에 따른 어음재인도의 One-way ANOVA 통계분석결과

	SNR	RT (msec)		df	F	Sig.
Contralateral	0	Between groups	3	0.779	0.513	
		Within groups	40			
		Total	43			
	240	Between groups	3	0.471	0.704	
		Within groups	40			
		Total	43			
	480	Between groups	3	0.565	0.641	
		Within groups	40			
		Total	43			
	960	Between groups	3	2.274	0.095	
		Within groups	40			
		Total	43			
	1920	Between groups	3	0.484	0.695	
		Within groups	40			
		Total	43			
	3840	Between groups	3	0.895	0.452	
		Within groups	40			
		Total	43			
Ipsilateral	0	Between groups	3	597.031	0.000*	
		Within groups	40			
		Total	43			
	240	Between groups	3	457.015	0.000	
		Within groups	40			
		Total	43			
	480	Between groups	3	262.713	0.000*	
		Within groups	40			
		Total	43			
	960	Between groups	3	200.737	0.000*	
		Within groups	40			
		Total	43			
	1920	Between groups	3	188.645	0.000*	
		Within groups	40			
		Total	43			
	3840	Between groups	3	201.262	0.000*	
		Within groups	40			
		Total	43			

* : p<0.05

SNR=0 dB와 SNR=-10 dB인 조건하에서, 반향시간이 RT=1,920 msec인 경우에 상대적으로 높은 어음재인도를 나타내었다.

동측에 소음이 제시된 조건

동측에 소음을 제시한 경우에는 SNR이 감소함에 따라 어음재인도의 현저한 감소를 보였다. SNR=+10 dB인 조건하에서는 평균 50% 이하의 어음재인도를 보였고, SNR=-10 dB 조건하에서는 반향시간에 상관없이 반응이 없거나 오반응을 보이는 경우가 대부분이었다. 동일 소음강도에서 반향시간에 따른 어음재인도의 유의미한 차이는 나타나지 않았지만(one-way ANOVA, p>0.05), 적절한 반향시간을 갖는 경우(RT=1,920 msec), 상대적으로 높은 어음재인도를 보였다.

소음을 동측과 대측에 제시한 경우의 어음재인도는 SNR=+10 dB인 조건하에서는 RT=0 msec인 경우에, SNR=0 dB와 SNR=-10 dB인 조건하에서는 모든 경우에서 통계적으로 유의미한 차이를 보였다(paired-t test, p<0.05).

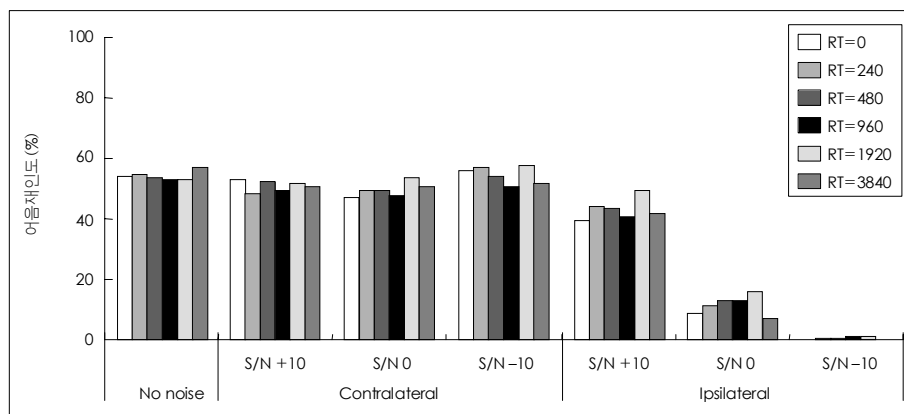
난청노인 집단에서 반향시간이 일정할 때 SNR에 따른 어음재인도는 대측에 소음을 제시한 경우, 소음수준에 따라 유의미한 차이가 나타나지 않았다(Table 8, one-way ANOVA, p>0.05).

그러나 동측에 소음을 제시한 경우는 SNR=0 dB에서 SNR=-10 dB로 감소할 때 어음재인도의 급격한 감소를 보였고, SNR=-10 dB에서는 반응을 보이지 않는 경우가 대부분이었다.

집단 간 어음재인도 결과 비교

두 집단 간의 어음재인도 결과는 반향시간과 소음제시조건에 따라서 분류되었다(Fig. 3).

모든 조건에서 난청노인 집단의 어음재인도가 현저히 떨어졌고(Table 9, p<0.05), 대측에 소음을 제시한 조건하에서는 반향시간에 상관없이 소음이 증가하여도 그 차이가

**Fig. 2.** 난청노인 집단에서 반향시간과 SNR 변화에 따른 어음재인도 결과.

일정한 경향을 보이지만, 동측에 소음을 제시한 조건하에서는 SNR=+10 dB에서 SNR=0 dB로 소음이 증가할 때 그 차이가 더욱 커지는 것으로 나타났다.

Table 6. 난청노인 집단에서 RT에 대한 One-way ANOVA 통계분석결과

	RT	ANOVA	df	F	Sig.	
No noise		Between groups	5	0.026	1.000	
		Within groups	24			
		Total	29			
Contralateral	S/N +10	Between groups	5	0.061	0.997	
		Within groups	24			
		Total	29			
	S/N 0	Between groups	5	0.058	0.998	
		Within groups	24			
		Total	29			
	S/N -10	Between groups	5	0.081	0.995	
		Within groups	24			
		Total	29			
	Ipsilateral	S/N +10	Between groups	5	0.173	0.970
			Within groups	24		
			Total	29		
S/N 0		Between groups	5	0.263	0.929	
		Within groups	24			
		Total	29			
S/N -10		Between groups	5	0.560	0.729	
		Within groups	24			
		Total	29			

Table 7. 난청노인 집단에서 RT에 따른 소음의 동측과 대측 상황에서서의 어음재인도 비교

Contra-Ipsi	RT (msec)	t	df	Sig.
S/N +10	0	4.390	4	0.012*
	240	0.964	4	0.389
	480	2.300	4	0.083
	960	1.416	4	0.230
	1920	0.501	4	0.643
	3840	1.112	4	0.329
S/N 0	0	3.565	4	0.023*
	240	3.643	4	0.022*
	480	3.251	4	0.031*
	960	2.934	4	0.043*
	1920	2.964	4	0.041*
	3840	3.869	4	0.018*
S/N -10	0	5.129	4	0.007*
	240	5.740	4	0.005*
	480	5.222	4	0.006*
	960	6.765	4	0.002*
	1920	6.222	4	0.003*
	3840	4.829	4	0.008*

* : p<0.05

DISCUSSIONS

본 연구에서는 정상성인 집단과 난청노인 집단에서 반향 시간과 소음레벨이 단음절 단어의 어음재인도에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 결과에서 정상성인 집단의 경우는 반향시간이 증가함에 따라서 어음재인도가 낮아지는 경향을 보였으나, 통계적으로 유의미한 차이를 보이지는 않았다. 그리고 개인별로 반향시간과 신호대잡음비의 상호작용이 어음재인도에 다양한 형태의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 특히, 난청노인 집단의 경우는 오히려 적절한 RT

Table 8. 난청노인 집단에서 SNR에 따른 어음재인도의 One-way ANOVA 통계분석결과

	SNR	RT (msec)	df	F	Sig.
Contralateral	0	Between groups	3	0.149	0.929
		Within groups	16		
		Total	19		
	240	Between groups	3	0.243	0.865
		Within groups	16		
		Total	19		
	480	Between groups	3	0.053	0.984
		Within groups	16		
		Total	19		
	960	Between groups	3	0.087	0.966
		Within groups	16		
		Total	19		
1920	Between groups	3	0.067	0.976	
	Within groups	16			
	Total	19			
3840	Between groups	3	0.096	0.961	
	Within groups	16			
	Total	19			
Ipsilateral	0	Between groups	3	12.986	0.000*
		Within groups	16		
		Total	19		
	240	Between groups	3	15.877	0.000*
		Within groups	16		
		Total	19		
	480	Between groups	3	12.611	0.000*
		Within groups	16		
		Total	19		
	960	Between groups	3	14.030	0.000*
		Within groups	16		
		Total	19		
1920	Between groups	3	9.964	0.001*	
	Within groups	16			
	Total	19			
3840	Between groups	3	14.606	0.000*	
	Within groups	16			
	Total	19			

* : p<0.05

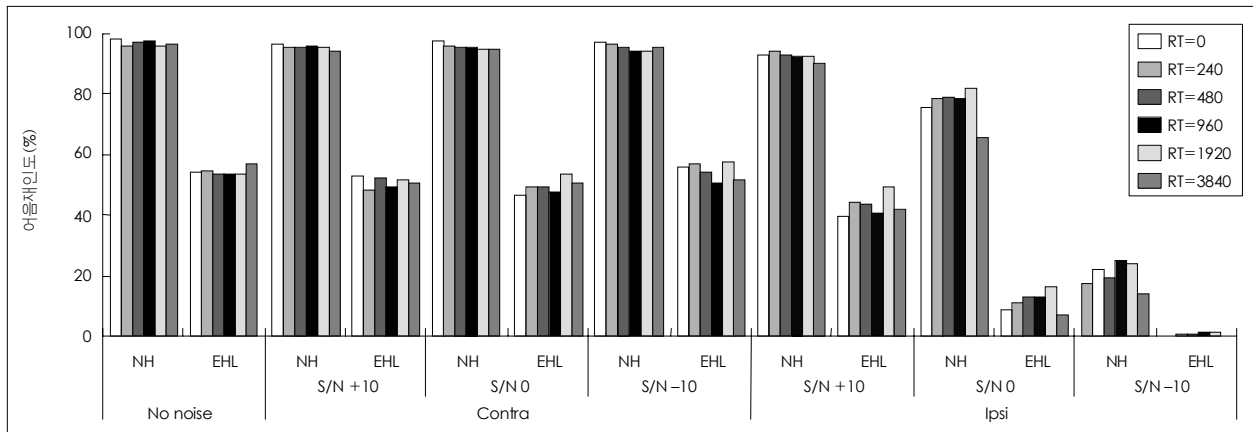


Fig. 3. 정상성인 집단과 난청노인 집단 간의 각 조건별 어음재인도 비교.

의 확보가 어음인지에 도움을 주는 경우도 보였다.

본 연구에 참여한 난청노인 집단의 경우, 순음청력검사와 어음검사에서 상대적으로 큰 개별적 차이를 보였다. 이는 결과에도 상당한 영향을 주어서, 반향시간과 신호대잡음비의 변화에 따른 어음재인도에 있어서, 청력 상태에 따라서 통계적으로 높은 편차를 보였다. S1의 경우는 다른 피검자에 비해서 상당히 좋은 청력 상태를 나타내었으나, 동측에 소음이 심할 경우(SNR=0 dB, SNR=-10 dB)에는 다른 피검자와 마찬가지로 어음재인도가 정상성인에 비하여 크게 저하되었다. 난청노인 집단의 경우, 정상성인 집단에 비해 어음재인도의 현저한 감소를 보였다.

난청노인 집단의 결과를 정상성인 집단과 비교하면, 난청이 있는 경우에는, 어느 정도의 반향 시간이 있는 경우가 어음인지에 도움을 준다는 것을 추측할 수 있다. 이러한 정상인 경우보다 지연된 최적 RT는 난청인의 경우, 중추적인 청각정보처리과정에서 서로 다른 지연이 존재하기 때문에 오히려 어음재인도가 정상인과는 다른 RT에서 최적이 되는 것으로 추정해 볼 수 있다. 이 결과는 실험조건에 따라서도 달라질 가능성이 있어서, 실험 조건의 명기와 동시에 상호비교를 위한 표준화가 추후 필요한 것으로 판단된다.

나이와 연관된 감퇴는 반향이나 반향과 소음의 결합에 의해서 결과적으로 왜곡된 어음을 이해하는 데 있어서, 어려움을 동반하는 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 미세한 청력손실이 있는 노인의 경우에도 실제 청취환경에서 어음인지에 어려움을 느낄 수 있음을 의미한다. 이러한 변화는 노인성 난청이 청각체계의 말초에서 중추까지 어느 단계에서도 영향을 미칠 수 있고, 따라서 순음청력역치 손실을 동반하지 않고도 다른 청각기능의 저하를 나타낼 수도 있기 때문으로 추정된다.

본 연구에서 일관되게 나타나는 특징은 동측에서 들어오는 소음의 강도가 피검자들의 어음재인도에 심각한 영향을

미친다는 것이다. 그리고 반향시간의 경우는 개별적인 청력 상태나, 특히 반향시간과 소음간의 상호작용에 따라서 어음재인도에 다양한 차이를 보인다는 점이다. 다른 연구 사례를 보면, 소음이 없는 경우에 어음재인도는 RT와 반비례 관계에 있고, 이때의 적절한 RT는 0 msec라는 보고가 있다.⁹⁾ 소음원이 음원보다 멀리 있는 경우에는 RT가 0 msec 이거나, 0 msec에 가까울수록 유리할 수도 있지만, 소음원이 음원과 청자의 사이에 있는 경우에 적절한 RT는 이보다 더 지연될 수 있다는 보고도 있다.⁶⁾¹²⁾ 한편, 스피커를 사용한 여러 연구에서 RT가 어음인지에 도움을 주더라도, 1초 이상이 되면 어음재인도에 악영향을 주는 것으로 보고되었으나, 본 연구에서는 더 지연된 RT에서도 어음재인도가 향상되는 경향을 보였다. 이는 본 실험이 특정된 음향환경조건에서 헤드폰을 사용하였고, 따라서 스피커와 헤드폰이라는 트랜스듀서(transducer) 간의 차이와 물리적 환경차이로도 추정될 수가 있다.

미국 음향학회의 자료(ANSI S12.60-2002)에 의하면, 교실에서의 반향시간은 작은 교실의 경우 0.6초를 넘지 않아야 하고, 큰 교실의 경우도 0.7초를 초과하지 않도록 권고하고 있다.²⁾ 국내에서도 교육수업 환경과 관련된 건물 설계에 있어서, 최적의 어음재인도를 위한 반향시간과 신호대잡음비에 대한 정확한 규정의 확립과 이를 지키기 위한 제도적 배려가 필요하다. 이러한 배려는 난청인과 건청인 모두를 위해서 반드시 필요한 것이라고 결론된다.

CONCLUSIONS

본 실험연구 결과에서, 반향시간과 신호대잡음비는 어음재인도에 결정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 결과를 요약하면, 소음이 동측에 존재하는 경우에, 특히 난청노인의 경우는 어음이 적절한 정도의 반향시간을 가져야만 어

Table 9. 정상성인 집단과 난청노인 집단 간의 각 실험조건별 어음재인도 비교

NH-EHL	SNR	RT (msec)	Mean difference	t	df	Sig.	
No noise		0	44.18	6.875	14	0.000*	
		240	41.02	8.053	14	0.000*	
		480	43.67	6.487	14	0.000*	
		960	44.44	8.159	14	0.000*	
		1920	42.98	5.997	14	0.000*	
		3840	39.16	5.930	14	0.000*	
	Contralateral	S/N +10	0	43.93	8.266	14	0.000*
			240	47.27	8.859	14	0.000*
			480	43.24	8.652	14	0.000*
			960	46.22	10.671	14	0.000*
			1920	43.09	10.106	14	0.000*
			3840	43.20	7.233	14	0.000*
		S/N 0	0	50.84	6.577	14	0.000*
			240	46.62	8.125	14	0.000*
			480	45.89	6.763	14	0.000*
960			48.04	7.698	14	0.000*	
1920			40.95	5.746	14	0.000*	
3840			44.11	6.443	14	0.000*	
S/N -10			0	40.91	5.761	14	0.000*
			240	39.93	5.995	14	0.000*
			480	41.09	5.777	14	0.000*
	960	43.56	8.683	14	0.000*		
Ipsilateral	S/N +10	0	53.49	8.220	14	0.000*	
		240	50.36	8.631	14	0.000*	
		480	49.67	10.200	14	0.000*	
		960	51.38	10.392	14	0.000*	
		1920	42.76	6.453	14	0.000*	
		3840	48.18	7.653	14	0.000*	
	S/N 0	0	66.65	17.870	14	0.000*	
		240	67.53	13.620	14	0.000*	
		480	66.47	9.462	14	0.000*	
		960	65.93	8.916	14	0.000*	
		1920	65.82	8.515	14	0.000*	
		3840	58.62	7.609	14	0.000*	
		S/N -10	0	17.64	7.129	14	0.000*
			240	21.96	7.060	14	0.000*
			480	18.69	5.787	14	0.000*
960	23.53		7.164	14	0.000*		
		1920	22.62	7.841	14	0.000*	
		3840	13.82	5.202	14	0.000*	

* : p<0.05

음인지가 좋아지는 것으로 나타났다. 이는 잡음이 심할 경우, 적절한 정도의 RT는 단어 인지를 강화시킬 수 있는 요인으로 작용할 수 있음을 의미하며, 어음변별에 중요한 단서가 되는 것으로 추정된다. 이러한 반향시간과 신호대잡음비는 정상인에게도 영향을 미칠 뿐 아니라, 난청인의 어음인지에도 큰 영향을 미치고, 그 패턴이 다양한 것으로 나타났다. 이상의 연구 결과를 종합해 보면, 반향시간과 신호대잡음비는 상위 청각기능에 대한 중요한 지표로 사용될 수 있음이 확인되었으며, 후속 연구를 통해서 보다 세밀한 기준자료와 표준화가 시도되어야 한다고 판단된다.

중심 단어 : 반향시간 · 신호대잡음비 · 단음절 어음재인도.

REFERENCES

1. 홍하나, 김진숙. 어음청력검사용 한국어 단음절 어음표 조사. 청능재활. 2007;3:64-73.
2. American National Standards Institute. Acoustical performance criteria, design requirements, and guideline for schools. ANSI. S12.60; 2002.
3. Cooper JC, Cutts BP. Speech discrimination in noise. Journal of Speech and Hearing Research. 1971;14:332-337.
4. Finitzo-Hieber T, Tillman TW. Room acoustics effects on monosyllabic word discrimination ability for normal and hearing-impaired children. Journal of Speech and Hearing Research. 1978;21:440-458.
5. Helfer KS, Wilber LA. Hearing loss, aging and speech perception in reverberation and noise. Journal of Speech and Hearing Research. 1990; 33:149-155.
6. Hodgson M, Nosal EM. Effect of noise and occupancy on optimal reverberation times for speech intelligibility in classrooms. Journal of the Acoustical Society of America. 2002;111:931-939.
7. Nabelek AK, Pickett JM. Monaural and binaural speech perception through hearing aids under noise and reverberation with normal and hearing-impaired listeners. Journal of Speech and Hearing Research. 1974;17:724-739.
8. Nabelek AK, Pickett JM. Reception of consonants in a classroom as affected by monaural and binaural listening, noise, reverberation, and hearing aids. Journal of the Acoustical Society of America. 1974;56: 628-639.
9. Nabelek AK, Robinson PK. Monaural and binaural speech perception in reverberation for listeners of various ages. Journal of the Acoustical Society of America. 1982;71:1242-1248.
10. Plomp R, Duquesnoy AJ. Room acoustics for the aged. Journal of the Acoustical Society of America. 1980;68:1616-1621.
11. Roberts RA, Koehnke J, Besing J. Effects of noise and reverberation on the precedence effect in listeners with normal hearing and impaired hearing. American Journal of Audiology. 2003;12:96-105.
12. Yang W, Hodgson M. Auralization study of optimum reverberation times for speech intelligibility for normal and hearing-impaired listeners in classrooms with diffuse sound fields. Journal of the Acoustical Society of America. 2006;120:801-807.