

성인과 아동의 소음유형 및 신호대잡음비에 따른 단어인지도

한림대학교 자연과학대학 언어청각학부, 청각언어연구소¹ · 한림대학교 일반대학원 언어청각학과²
서울대학교병원 이비인후과³
장현숙¹ · 전슬기^{2,3}

ABSTRACT

Effects of Noise Type and Signal-to-Noise Ratio on Word Recognition Performance of Adults and Children with Normal Hearing Sensitivity

Hyunsook Jang¹ and Seulki Jeon^{2,3}

¹Division of Speech Pathology and Audiology, Research Institute of Audiology and Speech Pathology, College of Natural Sciences, Hallym University, Chuncheon, Korea

²Department of Speech Pathology and Audiology, Graduate School, Hallym University, Chuncheon, Korea

³Department of Otorhinolaryngology, Seoul National University Hospital, Seoul, Korea

The purpose of this study was to investigate effects of noise type and signal-to-noise ratio (SNR) on word recognition performance. Word recognition scores were measured in three types of noise conditions [white noise (WN), speech noise (SN), and multi-talker babble noise (MBN)], which were applied to various signal-to-noise ratio conditions (-5, 0, +5, +10, +15, and +20 dB SNR). Twenty adults and twenty school-aged children with normal hearing sensitivity participated. The results of this study are summarized as follows: First, the adults showed significantly increased word recognition performance as SNR increased from -5 dB to +10 dB in all the noise types. The scores for SN were significantly higher than those for the other noise types and there was no significant difference between MBN and WN. At least +10 dB SNR was required to maximize their recognition abilities in the SN and MBN conditions. Second, the children also showed significantly increased word recognition performance as it changed from +10 dB SNR to +20 dB SNR in three different noise types. Performances were significantly different among three types of noise, indicating SN, MBN, and WN from greatest to least. At least +20 dB SNR was required to maximize their recognition abilities in the SN and MBN conditions. Third, when comparing the performances between adults and children at the +10 dB SNR, there were significant differences between groups and among noise types. In conclusion, the results revealed word recognition to be affected by the function of SNR and type of noise. The findings show that SN and MBN can be more useful in clinical practice than WN, since even subjects with normal hearing showed very low performance in WN. Moreover, when comparing the performances between adults and children, approximately +10 dB SNR was required for children more than adults for their best word recognition performance.

Key words: Multi-talker babble noise, Speech noise, Signal-to-noise ratio (SNR), White noise, Word recognition

논문접수일: 2013년 11월 01일

논문수정일: 2013년 12월 14일

게재확정일: 2013년 12월 17일

교신저자: 장현숙, 200-702 강원도 춘천시 한림대학길1 한림대학교
자연과학대학 언어청각학부

Tel: (033)248-2218, Fax: (033)256-3420

E-mail: hsjang@hallym.ac.kr

INTRODUCTION

일상생활 속 의사소통은 다양한 소음에서 말을 이해하는 능력이 요구된다. 긴청인들도 때론 소음 환경에서 말을 이해하는데 어려움을 보이기도 하지만

(Wilson & Strouse, 2002), 난청인들은 일반적으로 건청인에 비해 소음환경에서 상대방의 말을 이해하는데 더 큰 어려움을 보인다(Plomp et al., 1986). 소음 환경에서 어음인지능력의 측정은 조용한 환경에서보다 청력손실로 인한 일상생활에서의 듣기 어려움을 좀 더 실질적으로 평가하며, 보장구에 대한 실질적인 정보를 제공하고 그 외에 의사소통 훈련에 따른 평가와 재활, 더 나아가 중추청각처리의 평가 및 재활에 대한 중요한 정보를 제공한다(Beattie, 1989; Carhart & Tillman, 1970; Dirks et al., 1982). 이렇듯 소음 환경에서 어음인지검사의 중요성으로 인하여 많은 검사도구들을 개발하여 사용하고 있는데, 소음유형, 제시 자극 종류, 신호대잡음비(signal-to-noise ratio, SNR) 등에 의해 검사결과가 영향을 받는 것으로 보고되고 있다(Nilsson et al., 1994).

어음검사에서 주로 사용하고 있는 소음유형은 백색 잡음(white noise, WN), 어음스펙트럼 잡음(speech spectrum noise, SN), 다화자 잡음(multi-talker babble noise, MBN)이다. WN은 약 10 ~ 10,000 Hz 전 주파수에 걸쳐 거의 동일한 강도의 에너지를 가진 광대역 신호이며 잡음스펙트럼(noise spectrum)은 변환기(transducer)의 주파수 반응에 의해 결정된다. SN은 300 ~ 3,000 Hz까지의 어음영역에서 중심주파수를 두고 여과하여 어음영역에 근접한 소음을 발생시킨다. 그리고 MBN은 어음 검사에서 가장 많이 사용되는 배경 소음으로 SN과 마찬가지로 어음이 본질적으로 기반이 되어 만들어진 소음이기 때문에 두 소음 간 스펙트럼의 차이는 크지 않지만, SN이나 WN에 비해 큰 시간적 변화(temporal variation)를 보이는 특성을 가지고 있다(Hallgren et al., 2005; Wilson et al., 2007a). MBN은 소음을 제작할 때의 화자 수에 영향을 받는데 더 적은 화자수가 어음의 의미가 더 포함되어 있어 언어적 간섭이 크다. 한국어음을 이용하여 16명의 화자로부터 MBN을 개발한 연구(이경원 외, 2008)에서는 MBN의 장기평균어음스펙트럼(long-term average speech spectrum, LTASS)을 분석한 결과, 저주파수와 고주파수 간 에너지의 차이가 37 dB로 남성은 86 Hz, 여성은 172 Hz에서 최대 진폭을 보이며, 남성과 여성 모두 약 1,000 ~ 1,400 Hz까지 급격히 감소하다가 그 이후에는 서서히 감소하는 형태를 보인다고 하였다. 소음 환경에서의 어음인지도

능력을 측정하는 연구들에서는 의미가 포함된 소음이 있는 상황이 무의미한 소음이 있는 상황보다 더 유의미하게 낮은 어음인지능력을 보였다고 하였는데(Sperry & Wiley, 1997), MBN이 SN보다 난청인과 정상청력인 집단 간의 수행력을 좀 더 잘 구별해준다고 하였다(Findlay, 1976).

소음 속 어음인지능력은 SNR에 의해 영향을 받는데 아동은 성인보다, 난청인은 아동보다 더 높은 SNR이 필요하다(Finitzo-Hieber et al., 1978; Wilson, 2003; Wilson et al., 2003; Wilson & Strouse, 2002). 일반적으로 성인은 아동보다 더 높은 건청 성인이 말소리를 최대로 이해하기 위해서는 +6 dB에서 +10 dB SNR, 학령기 건청 아동들은 +15 dB에서 +20 dB SNR 정도로 요구되지만, 난청인은 최소 +20 dB SNR로 정상 성인보다 약 +10 dB에서 +15 dB SNR 정도 더 높은 SNR이 요구된다(Finitzo-Hieber et al., 1978).

소음 상황에서 어음청각검사는 일반적으로 단어나 문장 자극을 사용하여 측정하는데, 실제적인 일상생활의 특성을 반영하는 장점으로 인하여 문장은 소음 속 어음 평가를 위한 자극으로 가장 많이 사용되고 있다. 영어권에서는 Connected Speech Test (CST) (Cox et al., 1987), Hearing in Noise Test (HINT) (Nilsson et al., 1994), Speech in Noise Test (SIN) (Etymotic Research, 1993)와 QuickSIN (Etymotic Research, 2001; Killion et al., 2004) 등이 표준화 검사로 사용되고 있으며, 한국어 문장을 사용하는 소음속 검사는 K-SPIN(김진숙 외, 2002)과 한국어 Hearing in Noise Test (HINT-K) (문성균 외, 2004)가 개발되어 있으나 특정 모듈을 사용하는 등 접근이 용이하지 않고 표준화가 요구된다. 문장 자극에 비하여 숫자, 단음절, 이음절 등의 단어 자극은 실제적인 말소리의 역동성을 반영하지 못하는 단점이 있지만 검사자에게 가장 친숙하며 작업기억(working memory)과 언어적 문맥에 따른 영향을 최소화하는 장점이 있어 널리 사용되고 있다(McArdle et al., 2005). 영어권에서 난청인의 의사소통 어려움과 보장구의 효과를 평가하고자 단어를 사용한 소음속 어음검사에는 W-22 단음절 목록을 WN 상황에서 제시하는 Speech-in-Noise Test (Stecker, 1992)와 MBN을 사용한 소음 속 단음절 검사인 Words-in-Noise Test (WIN) (Wilson, 2003)가 개발되어 있다. 그러나 국내에서는 단어를 사용하는

소음속 어음검사에 대한 연구들(이성희 외, 2009; 하은정 외, 2005)이 이루어지고 있으나 임상 세팅에서 적용되지 못하고 있다.

임상에서 소음 속 의사소통 어려움의 정도를 용이하게 파악하는 한 방법은 일반청력검사서 헤드폰을 착용하고 어음인지도를 측정하므로 동일한 헤드폰 착용 조건에서 소음을 제시하여 조용한 상황에서의 단어인지도와 비교하도록 하는 것이다. 이를 위하여 본 연구는 성인과 아동에게 소음 환경에서 어음검사를 실시하기 위한 가장 효과적인 소음유형과 SNR을 살펴보고자 성인과 아동에게 각각 세 가지 소음유형 즉, WN, SN, MBN과 다양한 SNR 조건에서 단어인지를 측정하여 그 임상적 유용성을 평가하였다.

MATERIALS AND METHODS

1. 연구 대상

본 연구는 정상청력을 가진 20대의 성인(연령범위만 20 ~ 29세; 평균연령 22.7세) 20명(남 10명, 여 10명)과 초등학교에 재학 중인 학령기아동(연령범위만 7 ~ 12세; 평균연령 9.3세) 20명(남 10명, 여 10명)을 대상으로 하였다. 모든 피검자들은 양측 귀의 고막운동성 검사(tympanometry)에서 type A를 보이고, 오른손잡이였으며 신경학적인 병력이 없었다. 순음청력검사(pure-tone audiometry) 결과, 양측 귀 모두 250 ~ 8,000 Hz에서 10 dB HL 이하를 보였고, 각 주파수에서 5 dB 이내의 양이 차이를 보였으며, 우측과 좌측 귀의 단어인지도 결과, 아동은 96.4%와 98.5%를, 성인은 97.2%와 98.5%를 나타내었다. 모든 대상자는 실험에 대하여 설명을 들은 후 참가 동의서를 작성하고 연구에 참여하였다.

2. 연구 장비 및 도구

1) 연구 장비

본 연구는 중이의 이상여부를 확인하기 위해 중이 검사기(Madsen Zodiac 901, Version 4.08)를 사용하여 고막운동성검사를 하였다. 정상 청력 및 어음인

지능력을 알아보기 위한 순음청력검사와 단어인지도 검사는 청력검사기(Grason Standler, GSI-61)를 사용하였으며, 소음유형과 SNR에 따른 어음인지를 측정하기 위한 단어인지도 검사는 청력검사기에 CD 플레이어(Samsung, MM-C430D)를 연결하여 헤드폰(TDH-50)을 통하여 자극음을 제시하였으며 방음실(Starkey Equipment Division, CL-14)에서 검사하였다. 녹음장비는 Sony Soundforge Vegas 6.0 소프트웨어 프로그램과 마이크(Seide, PC-M1f unidirectional microphone)를 사용하였고 Adobe Audition 3.0 프로그램을 이용하여 녹음된 음원을 편집하였다. 또한 소음 측정기(Bruel & Kjaer, Modular precision sound analyzer type 2260)를 사용하여 음원 보정을 실시하였다.

2) 음원 제작 및 녹음

세 가지 소음유형에서 SNR에 따른 단어인지를 측정하기 위하여 한국표준 일반용 단음절어표(김진숙 외, 2008)를 사용하였다. 한국어 단음절어는 각 목록을 25개로 나누어 8개의 목록으로 구성하여 실시하였다. 각각의 단음절어표는 표준어를 사용하는 남성 화자가 volume unit (VU) 미터기를 통해 단어별 강도의 오차를 ± 3 dB로 조정하여 일정 강도를 유지하여 Soundforge Vegas를 이용하여 44,100 Hz와 16 bit의 sampling rate로 녹음하였다. 녹음된 음원은 Adobe Audition 3.0을 이용하여 정규화(normalized)하였으며 최종적으로 처리된 어음목록은 소음측정기를 이용하여 0 VU 미터에 고정된 1,000 Hz의 보정 음과 함께 CD에 저장하였다. CD 음원은 보정을 위한 1,000 Hz 순음이 녹음된 트랙과 총 8개의 단어인지도 검사 목록 트랙으로 구성하였다.

3) 검사 소음 도구

본 연구는 세 가지 소음유형에서 SNR에 따른 단어인지를 측정하기 위하여 세 가지 소음유형, 즉 WN, SN, MBN을 사용하였다. WN과 SN은 청력검사기(Grason Standler, GSI-61)에서 생성되는 소음을 각각 선택하였으며 MBN은 한국어 다화자 잡음을 제작하였다. MBN은 20 ~ 29세의 정상청력을 가진 남녀

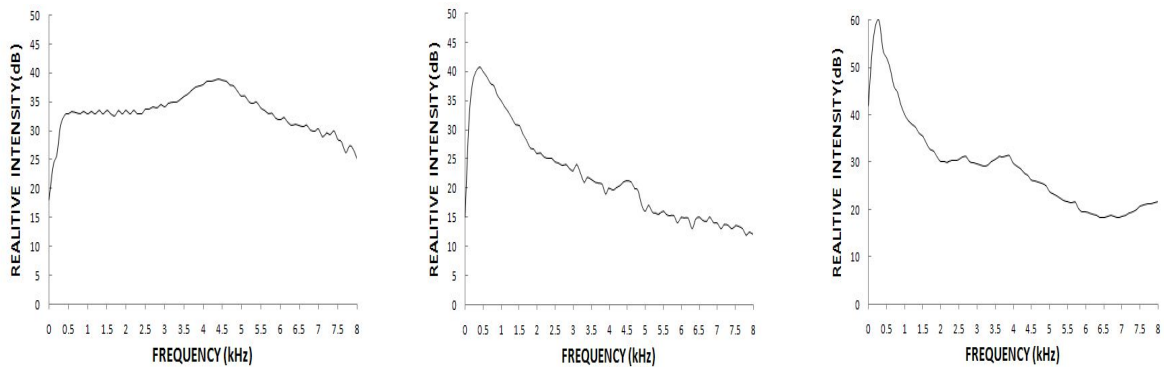


Figure 1. CSL로 분석한 WN(좌), SN(중간), MBN(우)의 주파수 반응곡선

20명(남 10명, 여 10명)을 대상으로 한국어 문장표 일반용과 학령기용(장현숙 외, 2008)을 읽도록 하여 Soundforge Vegas를 이용하여 녹음하였다. 20명의 녹음된 문장목록을 Adobe Audition 3.0을 이용하여 합성하여 다화자잡음을 제작하였고 정규화하였다. 제작된 다화자잡음의 시간 변화에 따른 진폭의 동질성을 소음측정기를 사용하여 확인하였다.

Computerized Speech Lab (Kay Elemetrics)을 이용하여 분석한 위의 세 가지 소음에 대한 주파수 반응곡선은 Figure 1과 같다. 단음절 단어목록은 다화자잡음과 함께 어음자극을 50 dB HL로 고정하고 -5, 0, +5, +10, +15, +20 dB SNR의 CD 음원으로 제작하였다.

3. 연구 방법 및 절차

실험 I. 성인의 소음유형과 SNR에 따른 단어인지도

실험 I은 성인 20명을 대상으로 8개의 단음절 목록을 세 가지의 소음유형(WN, SN, MBN)과 네 가지의 SNR 조건(-5, 0, +5, +10 dB SNR), 총 12가지 조건으로 제시하여 단어인지를 확인하였다. 신호음의 제시강도 수준은 신호음을 50 dB HL로 고정시켰으며 소음의 수준을 변경시켜 제시하였다. 피검자마다 소음유형을 서로 다른 순서로 제시하였으며, 각 소음유형에서 -5 dB SNR 조건부터 +10 dB SNR 조건으로 제시하였는데 피검자들이 +5 dB SNR 수준에서 100%의 인지도를 보이면, +10 dB SNR 수준에서는 검사를 실시하지 않았다. 단음절 목록에 대한 학습효과를 배제하기 위해 각 피검자마다 8개의 목록을 무작위로 제시하였으며 TDH-50 헤드폰으로 오

른쪽 귀에 제시하였다. 피검자는 단어를 듣고 따라 말하기로 반응하도록 하였다. 검사시간은 30분 정도 소요되었으며, 정반응한 단어수를 백분율(%)로 점수화하였다.

실험 II. 아동의 소음유형과 SNR에 따른 단어인지도

실험 II는 아동의 경우에 소음 유형에 따라 어떤 영향을 받는지 측정하기 위하여 실험 I에서 성인 피검자가 약 90% 정도의 인지도를 보이는 SNR 조건을 선정하여 20명의 아동을 대상으로 세 가지 소음유형(WN, SN, MBN)과 세 가지의 SNR 조건(+10, +15, +20 dB SNR), 총 9가지 조건으로 실험 I과 같은 성인 목록을 제시하여 단어인지를 확인하였다. 실험 I과 동일한 방법으로 실험을 진행하였는데 검사시간은 20분 정도 소요되었으며 검사 간 휴식시간을 제공하였다.

4. 자료 분석

통계분석은 PASW (Predictive Analytic SoftWare) 18.0을 이용하여 시행하였다. 소음 속 단어인지도 검사에서 소음 유형과 SNR에 따른 인지도의 평균과 표준편차를 알아보기 위하여 기술통계를 실시하였다. 실험 1과 실험 2에서 소음 유형 조건과 SNR 조건에 따른 단어인지도 그리고 +10 dB SNR 조건에서 성인과 아동 집단이 소음유형에 따른 단어인지도에 차이가 있는지 확인하기 위해 ANOVA(일원분산분석, 반복측정에 의한 이원분산분석)와 사후분석(Tukey)을 사용하였다. 모든 통계분석은 유의수준 .05에서 실시하였다.

RESULTS

1. 성인의 소음유형과 SNR에 따른 단어인지도

성인 집단에서 WN, SN, MBN의 세 가지 소음유형 조건과 -5, 0, +5, +10 dB SNR의 네 가지 조건에서 무작위로 제시한 단어목록에 대한 단어인지도 검사 결과는 Table 1과 Figure 2와 같다. SNR이 -5 dB SNR에서 +10 dB SNR로 증가함에 따라 MBN은 21.39%에서 85.49%, WN은 39.40%에서 77.00%, SN은 46.60%에서 92.80%로 증가하였다. 세 가지 소음유형 중 SN이 가장 높은 단어인지를 보였으며 -5 dB SNR과 0 dB SNR의 조건에서는 MBN이 WN보다 낮은 인지도를 보이다가 +5 dB SNR과 +10 dB SNR의 조건에서 WN보다 좀 더 높은 인지도를 보였다. 각 소음유형과 SNR에 따른 단어인지도가 통계적으로 유의미한 차이를 보이는지에 대해 알아보기 위

해 반복측정 이원분산분석을 실시한 결과, 소음유형 간[F(2, 38) = 39.281, $p < .05$], SNR 간[F(5, 57) = 331.938, $p < .05$]에 따라 단어인지도에 유의미한 차이를 보였다. 또한 소음유형과 SNR에 따른 단어인지도에도 유의미한 차이를 보였다[F(6, 114) = 14.038, $p < .05$]. 즉, 각 소음유형에 따라 -5, 0, +5, +10 dB SNR로 제시하였을 때 각 조건들 간 상호작용이 있었다. 각 소음유형별 차이를 보기 위해 대응별 비교를 한 결과, SN은 나머지 두 소음유형과 유의미한 차이가 있으나 WN과 MBN 간 단어인지도는 유의미한 차이를 보이지 않았다. 또한, SN을 사용한 단어인지도에 비하여 WN과 MBN을 사용한 단어인지도의 결과가 유의미하게 낮았다. 각 SNR에 따른 차이를 보기 위해 대응별 비교를 한 결과, 신호대잡음비 조건인 -5, 0, +5, +10 dB SNR 간 모두 유의미한 차이를 보이고 있으며 SNR이 커질수록 유의하게 커지는 것을 알 수 있었다.

Table 1. 성인의 소음유형조건에서 SNR에 따른 단어인지도의 통계

소음유형	소음유형과 SNR에 따른 인지도 (%)				F-value
	-5 SNR	0 SNR	5 SNR	10 SNR	
MBN	21.39(±15.85)	42.40(±15.97)	71.60(±10.29)	85.49(±7.70)	99.18***
WN	39.40(±13.12)	55.59(±10.12)	64.80(±9.76)	77.00(±9.25)	44.06***
SN	46.60(±15.69)	69.60(±9.48)	84.20(±7.39)	92.80(±4.42)	79.61***
F-value	15.09***	23.16***	22.71***	22.80***	

유의도 : * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

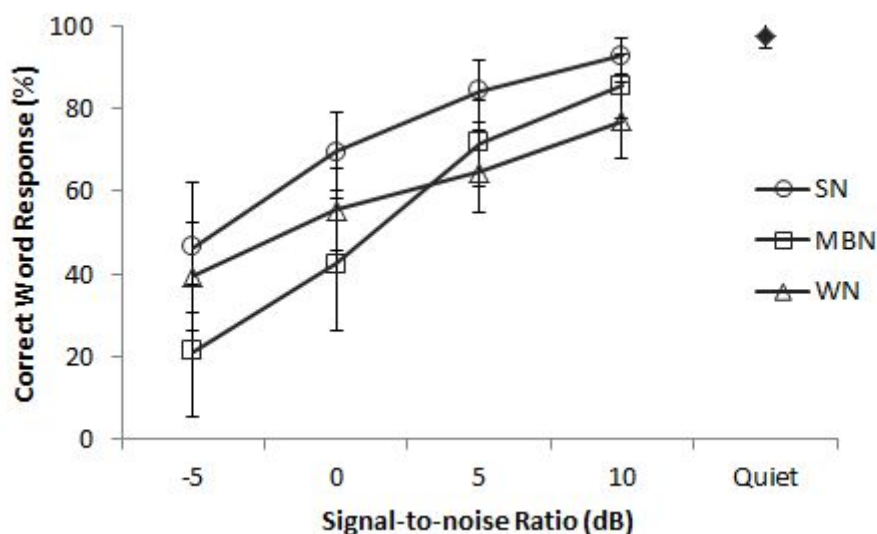


Figure 2. 성인의 소음유형과 SNR에 따른 단어인지도

2. 아동의 소음유형과 SNR에 따른 단어인지도

아동 집단에서 WN, SN, MBN의 세 가지 소음유형 조건과 +10, +15, +20 dB SNR의 세 가지 조건에서 무작위로 제시한 단어목록에 대한 단어인지도 검사 결과는 Table 2와 Figure 3과 같다. SNR이 +10 dB SNR에서 +20 dB SNR로 증가함에 따라 MBN은 71.80%에서 92.80%, WN은 61.20%에서 84.60%, SN은 78.00%에서 95.00%로 증가하였다. 세 가지 소음유형 중 SN이 가장 높은 단어인지도율, WN이 가장 낮은 단어인지도율을 보였다. 각 소음유형과 SNR에 따른 단어인지도가 통계적으로 유의미한 차이를 보이는지에 대해 알아보기 위해 반복측정 이원분산분석을 실시한 결과, 소음유형 간[F(2, 38) = 36.23, $p < .05$], SNR 간[F(2, 38) = 227.46, $p < .05$]

에 따라 단어인지도에 유의미한 차이를 보였다. 또한 소음유형과 SNR에 따른 단어인지도에도 유의미한 차이를 보였다[F(4, 76) = 3.23, $p < .05$]. 즉, 각 소음유형에 따라 +10, +15, +20 dB SNR로 제시하였을 때 각 조건들 간 상호작용이 나타났다. 각 소음유형별 차이를 보기 위해 대응별 비교를 한 결과, 모든 소음유형 간 유의미한 차이를 보였다. 그 중 WN이 가장 유의미하게 낮은 인지도를 보이며, MBN, SN 순으로 유의하게 단어인지도가 높아지는 것을 볼 수 있었다. 각 SNR에 따른 차이를 보기 위해 대응별 비교를 한 결과, 신호 대 잡음비 조건인 +10, +15, +20 dB SNR 간 모두 유의미한 차이를 보이고 있으며 신호 대 잡음비가 커질수록 유의하게 커지는 것을 알 수 있었다.

Table 2. 아동의 소음유형조건에서 SNR에 따른 단어인지도의 통계

소음유형	소음유형과 SNR에 따른 인지도 (%)			F-value
	+10 SNR	+15 SNR	+20 SNR	
MBN	71.80(±10.01)	84.00(±7.68)	92.80(±6.03)	34.13***
WN	61.20(±9.63)	78.00(±8.36)	84.60(±7.82)	39.03***
SN	78.00(±11.50)	89.40(±8.83)	95.00(±7.55)	16.85***
F-value	13.32***	9.44***	11.66***	

유의도 : * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

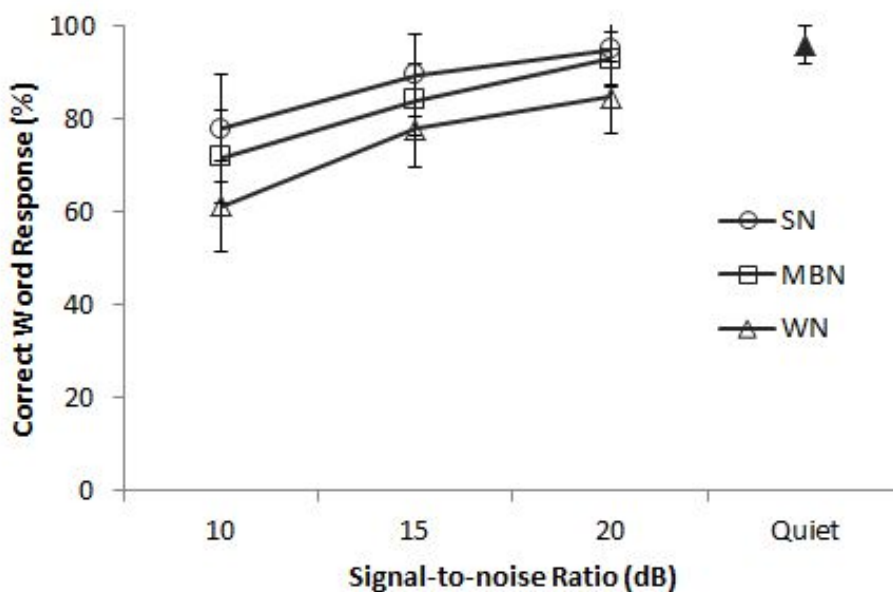


Figure 3. 아동의 소음유형과 SNR에 따른 단어인지도

3. 연령 집단 간 +10 dB SNR 조건에서의 소음 유형에 따른 단어인지도

성인과 아동 집단 간 +10 dB SNR 조건에서 WN, SN, MBN의 세 가지 소음유형 조건에 따른 단어인지도 검사 결과(Table 3), 전반적으로 성인이 아동보다 모든 소음유형에서 단어인지도가 높게 나타났다. SN의 경우, 성인은 92.80%, 아동은 78.39%로 가장 높은 단어인지를 보였으며 WN에서는 성인이 77%, 아동이 60.30%로 가장 낮은 인지를 보였다. +10 dB SNR에서 각 성인과 아동 집단 간 소음유형에 따른 단어인지도가 통계적으로 유의미한 차이를 보기 위해 반복측정 이원분산분석을 실시한 결과, 소음유

형 간[F(2, 76) = 47.01, $p < .05$], 연령 간[F(1, 38) = 50.04, $p < .05$]에 따라 단어인지도에 유의미한 차이를 보였다. 그러나 연령과 소음유형에 따른 단어인지도는 유의미한 차이가 없었다[F(2, 76) = 0.19, $p > .05$]. 즉, 집단 간 +10 dB SNR 조건에서 각 소음 유형에 따라 성인과 아동 집단 간 비슷한 패턴을 보여 상호작용이 없음을 의미한다. 각 소음유형에서 연령 간 차이를 보기 위해 대응표본 t 검증을 실시한 결과, 소음유형 조건인 WN, MBN, SN에서 모두 성인이 유의미하게 높은 점수를 보였다. 또한 각 연령별 일원분산분석 결과, 두 집단 모두 각 소음유형 간 WN에서 MBN, SN 순으로 단어인지도가 유의하게 높게 나타났다.

Table 3. +10 dB SNR 조건에서 소음유형에 따른 단어인지도의 통계

연령	소음유형에 따른 인지도 (%)			F-value
	SN	MBN	WN	
성인	92.80(±4.42)	85.49(±7.70)	77.00(±9.25)	22.80***
아동	78.39(±10.25)	71.80(±12.47)	60.30(±13.14)	13.32***
t - value	5.40***	4.86***	5.60***	

유의도 : * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

DISCUSSIONS AND CONCLUSIONS

본 연구는 일상생활에서의 의사소통 능력에 보다 적합한 소음환경에서 단어인지도 검사를 실시하기 위해 성인과 아동 집단에 WN, SN, MBN의 세 가지 소음유형과 -5 dB에서 +20 dB까지의 SNR에 따른 단어인지를 비교하여 서로 다른 소음유형과 SNR의 임상적 유용성을 평가하고자 하였다.

한국표준 일반용 단음절표의 단음절 목록을 세 가지의 소음유형과 세 가지 또는 네 가지의 SNR 조건의 9-12가지 조건으로 성인과 아동 집단에 제시하여 단어인지를 확인한 결과 소음유형과 SNR에 따라 단어인지도가 차이가 있으며 WN, MBN, SN 순으로 유의미하게 인지도가 높아졌다. 즉, 성인집단에서 SN은 네 가지 SNR(-5, 0, +5, +10 dB SNR) 조건에서 각각 46.6 ~ 92.8%의 평균을 보였으며, MBN은 21.4 ~ 85.5%의 결과를 보였다. 또한, WN은 39.4 ~

77%를 보여 MBN과 WN을 사용한 단어인지도 결과는 모든 SNR 조건에서 유의미한 차이가 없었지만 SN은 다른 소음유형에 비해 유의하게 높은 인지를 나타내었다. 이런 소음유형에 따른 어음인지를 비교한 연구들에서 그 결과가 매우 다양하게 나타났다. 먼저 MBN과 SN의 관계에 대한 선행연구들을 살펴보면, Sperry & Wiley(1997)의 연구에서는 NU-6 단어 목록을 40 dB SL로 제시한 상황에서 MBN과 SN을 -8, -4, 0, +4, +8 dB SNR에서 주었을 때, MBN 환경 하의 어음인지측정이 SN 조건보다 낮은 수행력을 나타내었다. 또한 Cainer et al.(2008)의 연구에서는 건청 성인 31명을 대상으로 4인 화자의 MBN과 SN을 제시하여 Bamfold-Kowal-Bench (BKB) 문장검사로 비교하였는데 MBN이 SN보다 더 낮은 문장인지를 보였다. 이렇듯 여러 연구들에서는 MBN이 SN보다 낮은 인지를 보이는 본 연구의 성인과 아동 모두에게 나타난 결과와 동일한 결과를 보였다. 이런 결과는 MBN이 어음의 특징을 가지고 있지만

에너지만 반영하는 SN보다 의미있는 어음정보를 포함하고 있어 어음 자극에 대한 간섭효과가 더 크기 때문이라고 설명될 수 있다(Engen & Bredlow, 2007).

또한 본 연구에서는 SN이 가장 높은 단어인지도를, WN이 가장 낮은 단어인지도를 보였지만 기존 연구에서는 WN을 사용하였을 때 다른 소음유형에 비해서 높은 단어인지를 보이고 SN이 낮은 단어인지를 보이는 결과들이 있다. Wilson et al.(2007a)은 성인과 노인에게 단어인지를 세 가지 소음 유형 즉, MBN과 SN, WN을 제시하여 50% 인지를 보이는 SN를 측정하여 비교한 결과, 성인과 노인 모두 WN에서 각각 +0.4 dB SNR, +13.2 dB SNR, SN에서는 각각 +6.6 dB SNR, +15.8 dB SNR, MBN은 +4.5 dB SNR, +15.2 dB SNR로 SN 환경 하에서 가장 낮은 수행력을 보였고, 다음으로 MBN, WN 순으로 측정되었다고 보고하였다. 본 연구와 차이가 나는 이유는 SNR 역치를 구하는 기준이 50% 인지도와 90% 인지도에 따라 차이점을 보인 것이라 할 수 있다. 위의 연구는 50% 인지도에서의 SNR 역치를 보았는데 본 연구에서는 성인집단에서 90% 인지를 나타내는 지점에서 SNR 역치를 구하였다. 그러므로 본 연구에서도 50% 인지를 나타내는 지점에서 SNR 역치를 보면 MBN보다 WN이 더 높은 단어인지를 나타내었다. 최근 한국에서도 이성희 외(2009)가 MBN, WN, SN의 세 가지 배경소음을 어음과 함께 음장에서 제시하여 배경소음 유형과 관련된 어음인지를 연구하였는데 잡음은 70 dB HL로 고정하여 제시하고 일음절어 어음 목록을 육성으로 제시하였다. 세 가지 소음환경에서 -10, -5, 0 dB SNR로 측정한 단어인 지도 검사 결과, MBN에서 58.9%, 75.9%, 90.3%, SN에서 64.2%, 85.5%, 92.5%, WN에서 75.6%, 88.9%, 95.3%를 보여 세 가지 SNR 조건 모두 MBN 환경에서 가장 낮은 점수를 보였고, 그 다음으로 SN, WN 순으로 나타났다. 이성희의 연구는 본 연구결과와 소음 유형뿐만 아니라 SNR에서도 많은 차이를 보이고 있는데, 본 연구는 헤드폰을 착용하고 검사한 것에 반해 이성희의 연구는 음장에서 실시한 검사였으며, 신호음과 잡음 강도의 제시차이 등이 달랐다. 특히 모든 소음유형의 0 dB SNR 조건에서 90% 이상의 어음인지를 보이므로 다른 검사들(Wilson & Strouse, 2002; Wilson et al., 2003)에 비해서도

SNR에서 차이를 보였는데, 차후에 변환기에 따른 소음속 단어인지도 검사의 차이에 대해 변인통제를 통한 연구검증이 요구된다고 할 수 있다.

MBN 환경에서 단어인지를 측정한 연구들을 살펴 보면, 성인의 경우 적어도 +6 dB에서 +10 dB SNR (Wilson & Strouse, 2002; Wilson et al., 2003), 더 나아가 +15 dB SNR (Beattie et al., 1997)에서 90% 이상의 단어인지를 보인다고 하였다. Wilson & Strouse(2002)의 연구에서는 성인을 대상으로 MBN 환경에서 50 dB HL로 소음을 고정시키고 NU-6 일음절 단어를 -5 dB에서 +20 dB까지 SNR 조건을 헤드폰으로 제시한 결과, +5 dB에서 57.1%, +10 dB에서 95%의 단어인지를 보였다. 또한, Wilson et al.(2003)의 연구에서도 성인에게 0 dB에서 +24 dB SNR까지 총 7 가지의 SNR 조건 간 NU 6를 사용하여 단어인지를 비교하였는데 소음을 60 dB HL로 고정시켜 시행하였다. 그 결과, 50% 인지를 보이는 SNR이 +4.1 dB SNR, 90% 이상의 인지를 보이는 SNR은 6 dB로 나타났다. 반면, CID W-22 단어 목록을 50 dB HL에서 고정하고 +5, +10, +15 dB SNR로 제시한 연구(Beattie et al., 1997)에서는 각각의 SNR에서 45.4%, 73.9%, 86.7%로 NU-6 어음표를 사용한 연구들(Wilson & Strouse, 2002; Wilson et al., 2003)보다 훨씬 낮은 수행력을 보여 +15 dB SNR 이상의 조건에서 90% 정도의 인지를 보이는 것으로 나타났다. 이상의 연구들은 어음 목록을 다르게 사용한 것외에 SNR이 동일하더라도 신호음과 잡음 강도의 제시차이 등이 달라 어음인지도에서 차이를 보인 것으로 생각된다. 특히, 신호음을 50 dB HL로 고정시키고 잡음 강도를 변동한 본 연구의 경우, MBN 조건에서의 수행이 +5 dB에서 +10 dB SNR에서 71.6 ~ 85.49%의 범위를 나타내었으므로 MBN을 사용하는 경우 최대의 단어인지를 보이기 위해서는 +10 dB 이상의 SNR이 필요하다고 할 수 있다.

성인의 +10 dB SNR 조건에서 각 소음유형에 따른 단어인지도와 조용한 환경의 단어인지를 대응표본 분석을 한 결과, 성인 집단에서 최대 단어인지를 보인 SN이 +10 dB SNR에서 92.8%로 조용한 상황에서의 단어인지도인 96%와 비교하였을 때 통계적으로 유의미한 차이가 나타났으나 SN이 92% 정도의

높은 점수를 나타냈으므로 정상 성인은 적어도 +10 dB SNR 이상이 되어야 최대어음인지능력을 보일 것이라고 생각된다. 그러나 WN과 MBN 조건에서는 평균점수가 각각 77%와 85.49%로 +10 dB SNR 조건에서 90%에 못 미치는 인지도를 보여 SN에 비하여 더 많은 SNR이 요구되는 것으로 나타났다. 본 연구에서 정상청력의 성인들이 모든 소음유형에 따라 약간의 차이가 있지만 -5 dB SNR에서 50% 이하의 낮은 인지도를 보이고 표준편차가 크기 때문에 임상에 적용하기 위해서는 적어도 0 dB SNR 이상으로 소음이 제시될 필요가 있다. 더하여 MBN의 경우 0 dB SNR에서도 낮은 점수를 보이므로 임상적 적용 시 고려되어야 할 것이다.

모든 소음유형 및 SNR 조건에서 단어와 문장에 관한 연구들을 살펴보면, McArdle et al.(2005)은 MBN 배경소음 조건에서 36명의 정상성인에게 단어와 문장 자극을 제시하여 인지도를 살펴본 결과 50% 인지를 보이는 SNR이 문장에서는 +4.3 dB SNR, 단어는 +5.0 dB SNR로 문장이 단어보다 약간 더 높은 인지도를 보인 것으로 나타났다. 또 다른 연구로는 Wilson et al.(2007b)이 BKB-SIN 검사와 WIN 검사를 비교한 결과 50% 인지 SNR이 문장을 제시자극으로 둔 BKB-SIN에서 약 +0.8 dB SNR, 제시자극이 단어로 이루어진 WIN 검사에서는 약 +3.9 dB SNR로 위의 연구결과와 유사하게 문장이 단어보다 좀 더 높은 인지도를 보이는 것으로 나타났다. 최근 국내에서 본 연구와 거의 동일한 조건에서 실시한 최형식(2009) 논문은 모든 소음유형에서 +5 dB SNR 조건일 때 최대 문장인지능력을 나타내었고 배경소음이 SN인 경우에는 0 dB SNR 조건에서도 96.8%로 거의 최대 문장인지능력을 보였다. 반면 본 연구는 위의 두 연구들과 마찬가지로 +10 dB SNR에서 SN의 배경소음 조건에서만 92.8%로 높은 단어인지능력을 보일 뿐 문장보다 낮은 어음인지도를 보이고 있다. 이런 결과는 본 연구와 다른 연구 간 단어와 문장 자극 간의 차이로 인해 생긴 것으로 소음속 문장인지도는 단어인지도보다 문장의 예측성에 영향을 받기 때문으로 생각된다(McArdle et al., 2005).

성인 집단에서 실험을 한 결과에서 최대어음인지능력을 보인 +10 dB SNR을 기준으로 아동 집단에 +10, +15, +20 dB SNR 조건을 적용하여 실험을 한

결과, 아동도 성인과 마찬가지로 SN, MBN, WN 순서대로 점차 낮은 단어인지를 보였으며 모든 소음유형 간, SNR 조건 간에 유의미한 차이를 보였다. 아동도 모든 소음유형에서 각 SNR에 따른 단어인지도와 WRS를 비교한 결과, 아동은 소음 속에서 최대어음인지를 보이기 위해 +20 dB 그 이상의 SNR이 필요함을 알 수 있었다. 이와 같은 결과를 각 소음유형에서 조용한 환경의 WRS와 대응표본을 한 결과, SN에서는 다른 소음유형과는 달리 +20 dB SNR에서 조용한 환경의 WRS와 유의한 차이가 없다고 나왔으므로 SN에서는 최대어음인지를 보이기 위해 적어도 +20 dB SNR이 필요하며 WN과 MBN은 SN보다 더 많은 SNR을 필요로 함을 시사하였다.

+10 dB SNR에서 성인과 아동을 비교하였을 때, 성인은 최대 92.8%의 단어인지를 보였지만 아동은 최대 78.39%의 단어인지를 보였다. 아동이 성인과 비슷한 수준의 인지도를 보이는 SNR 조건을 살펴보면 본 연구에서는 아동 집단에서 +15 dB SNR 조건이 성인의 +10 dB SNR 조건과 가장 비슷한 결과를 보였다. 그러므로 아동이 성인보다 +5 dB SNR 정도가 더 필요함을 알 수 있다. 아동의 단어인지도 연구(Wilson et al., 2010)에서는 6 ~ 12세의 아동 42명을 7개의 연령 집단으로 나누고 24명의 성인 집단과 단어인지를 소음을 70 dB SPL로 고정하여 SNR을 0 dB에서 +24 dB 조건에서 비교하였다. 90% 단어인지를 보인 SNR을 본 결과, 아동이 성인보다 약 1 ~ 2 dB SNR이 더 필요한 것으로 나타났다.

본 연구의 결과는 정상 성인과 아동을 대상으로 소음유형과 SNR의 관계를 제시하고 있으므로 임상시 난청인의 소음속 의사소통의 어려움을 예견하고 평가하는 소음속어음검사를 위한 지표를 제공할 수 있다. 예를 들어, 본 연구에서 정상성인을 대상으로 한 경우 WN은 +10 dB SNR에서도 80%의 단어인지를 보였다. 그러므로 난청인들에게 적용하면 더 낮은 수행력을 보일 수 있으므로 수행력 범위를 살펴보았을 때는 SN, MBN 사용이 더 적절할 것이다. 특히, SN이 MBN보다 본 연구 결과에서 좀 더 높은 단어인지를 보일 뿐만 아니라 임상적으로 기존 청력검사기의 소음을 사용할 수 있으므로 번거로움을 주지 않는 장점이 있다. 그러나, 이러한 결과가 난청인에게 어떻게 적용되는지에 대한 후속 연구가 진행되어야

할 것이며, 또한 난청인들의 보청기 및 인공와우 평가와 재활은 실질적으로 헤드폰보다 음장에서 실시되므로 제시환경이나 방법을 다양화하여 비교하는 것도 의의가 있으리라 생각된다.

Acknowledgements

이 논문은 2011년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다 (여성과학자지원사업 2011-001445).

REFERENCES

- 김진숙, 배소영, & 이정학. (2000). 소음환경에서 표적단어의 예상도가 조절된 한국어의 문장검사 목록개발 시안. *음성과학*, 7(2), 37-50.
- 김진숙, 임덕환, 홍하나, 신현욱, 이기도, 홍빛나 외. (2008). 한국표준 일반용 단음절어표 개발. *청능재활*, 4, 126-140.
- 문성균, 문형아, 정현경, Sigfrid, D. S., 이준호, & 박기현. (2005). 한국어 Hearing in Noise Test (HINT) 문장의 개발. *대한이비인후과학회지*, 48, 724-728.
- 박철호, 이성희, & 이경원. (2008). 다화자 잡음을 이용한 소음 환경 하에서의 어음청각검사에 대한 연구. *Korean Journal of Audiology*, 12, 10-15.
- 이경원, 이재희, & 이정학. (2008). 한국어음을 이용한 다화자잡음의 개발시안. *청능재활*, 4(1), 24-27.
- 이성희, 심현준, 윤상원, & 이경원. (2009). 배경소음의 유형이 정상인의 어음인지력에 미치는 영향. *대한이비인후과학회지*, 52, 307-311.
- 장현숙, 이정학, 임덕환, 이경원, 전아름, & 정은조. (2008). 문장인지검사를 위한 한국표준 문장표 개발. *청능재활*, 4(2), 178-187.
- 최형식. (2009). 소음유형과 신호대 잡음비에 따른 문장인지능력. 한림대학교 대학원 석사학위논문. 춘천.
- 하은정, 정은조, & 장현숙. (2005). 신호 대 잡음비에 따른 어음재인도에 관한 연구. *한국청각학회 학술대회 논문집*, pp.157-160.
- 함태영. (1962). 어음 청력 검사어표와 명료도 검사의 실험 성적. *군진의학*, 9(2), 38-41.
- Beattie, R. C. (1989). Word recognition functions for the CID W-22 test in multitalker noise for normally hearing and hearing-impaired subjects. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 54, 20-32.
- Beattie, R. C., Barr, T., & Roup, C. (1997). Normal and hearing-impaired word recognition scores for monosyllabic words in quiet and noise. *British Journal of Audiology*, 31, 153-164.
- Cainer, K. E., Jamse, C., & Rajan, R. (2008). Learning speech-in-noise discrimination in adult humans. *Hearing Research*, 238, 155-164.
- Carhart, R. & Tillman, T. W. (1970). Interaction of competing speech signals with hearing loss. *Arch Otolaryngology*, 91, 273-279.
- Cox, R. M., Alexander, G. C., & Gilmore, C. (1987). Development of the Connected Speech Test (CST). *Ear and Hearing*, 8, 119S-126S.
- Dirks, D. D., Morgan, D. E., & Dubno, J. R. (1982). A procedure for quantifying the effects of noise on speech recognition. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 47, 114-123.
- Engen, K. J. & Bradlow, A. R. (2007). Sentence recognition in native- and foreign-language multitalker background noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 121(1), 519-526.
- Etymotic Research. (1993). The SIN test. CD-ROM. Elk Grove Village, IL: Etymotic Research.
- Etymotic Research. (2001). QuickSIN speech-in-noise test. CD-ROM. Elk Grove Village, IL: Etymotic Research.
- Finitzo-Hieber, T. & Tillman, T. W. (1978). Room acoustics effects on monosyllabic word discrimination ability for normal and hearing-impaired children. *Journal of Speech and Hearing Research*, 21(3), 440-458.
- Hallgren, M., Lasby, B., Lyxell, B., & Arlinger, S. (2005). Speech understanding in quiet and noise, with and without hearing aids. *International Journal of Audiology*, 44, 574-583.

- Killion, M. C., Niguette, P. A., Gudmundsen, G. L., Revit, L. J., & Banerjee, S. (2004). Development of a quick speech-in-noise test for measuring signal-to-noise ratio loss in normal-hearing and hearing impairment listeners. *Journal of the Acoustical Society of America*, 116, 2395-2405.
- McArdle, R. A., Wilson, R. H., & Burks, C. A. (2005). Speech recognition in multitalker babble using digits, words, and sentences. *Journal of the American Academy of Audiology*, 16, 726-739.
- Nilsson, M., Soli, S. D., & Sullivan, J. A. (1994). Development of the hearing in noise test for the measurement of speech reception thresholds in quiet and in noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 95, 1085-1099.
- Plomp, R. (1986). A signal-to-noise ratio model for the speech-reception threshold of the hearing impaired. *Journal of Speech and Hearing Research*, 29, 146-154.
- Rippy, J. V., Dancer, J. E., & Pittenger, J. B. (1983). List equivalency of the CID everyday sentences (Harris Revision) under three signal-to-noise ratios. *Ear and Hearing*, 4(5), 251-254.
- Sperry, J. L., Wiely, T. L., & Chial, M. R. (1997). Word recognition performance in various background competitors. *Journal of the American Academy of Audiology*, 8, 71-80.
- Wilson, R. H. (2003). Development of a speech-in-multitalker babble paradigm to assess word-recognition performance. *Journal of the American Academy of Audiology*, 14(9), 453-470.
- Wilson, R. H., Abrams, H. B., & Pillion, A. L. (2003). A word-recognition task in multitalker babble using a descending presentation mode from 24 dB to 0 dB signal to babble. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 40(4), 321-328.
- Wilson, R. H., Carnell, C. S., & Cleghorn, A. L. (2007a). The words-in-noise (WN) test with multitalker babble and speech-spectrum noise maskers. *Journal of the American Academy of Audiology*, 18, 522-529.
- Wilson, R. H., Farmer, N. M., Gandhi, A., Shelburne, E., & Weaver, J. (2010). Normative data for the words-in-noise test for 6- to 12-year-old children. *Journal of Speech-Language and Hearing Research*, 53, 1111-1121.
- Wilson, R. H., McArdle, R. A., & Smith, S. L. (2007b). An evaluation of the BKB-SIN, HINT, QuickSIN, and WIN materials on listeners with normal hearing and listeners with hearing loss. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 50, 844-856.
- Wilson, R. H. & Strouse, A. (2002). Northwestern university auditory test no. 6 in multi-talker babble: A preliminary report. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 39(1), 105-113.