



# Influence of Measurement Procedure on the Korean Matrix Sentence-in-Noise Intelligibility for Normal-Hearing Listeners

Kyung Hyun Kim<sup>1</sup> and Jae Hee Lee<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Department of Audiology and Speech-Language Pathology, Hallym University of Graduate Studies, Seoul; and

<sup>2</sup>HUGS Center for Hearing and Speech Research, Seoul, Korea

측정 절차가 건청인의 한국어 Matrix 소음하 문장인지에 미치는 영향

김정현<sup>1</sup> · 이재희<sup>1,2</sup>

한림국제대학원대학교 청각언어치료학과,<sup>1</sup> 청각언어연구소<sup>2</sup>

Received October 8, 2019

Revised April 29, 2020

Accepted May 7, 2020

Address for correspondence

Jae Hee Lee, PhD

Department of Audiology and

Speech-Language Pathology,

HUGS Center for Hearing

and Speech Research,

Hallym University

of Graduate Studies,

427 Yeoksam-ro, Gangnam-gu,

Seoul 06198, Korea

Tel +82-2-2051-2942

Fax +82-2-3453-7833

E-mail [leejaehee@hallym.ac.kr](mailto:leejaehee@hallym.ac.kr)

**Background and Objectives** A Korean Matrix Sentence Test is one of the adaptive tests used to evaluate speech intelligibility in noise. The present study aimed to investigate the influence of measurement procedure (presentation level and mode) on the Korean matrix sentence-in-noise intelligibility of normal-hearing listeners.

**Subjects and Method** Twenty-seven normal-hearing adults participated in the study. The speech reception threshold (SRT) was determined using a software-based adaptive procedure, which converges on the signal-to-noise ratio (SNR), corresponding to 50% intelligibility. The speech or speech-shaped noise was given at three presentation levels based on the previous categorical loudness judgments (between soft and medium: 55 dB SPL, medium: 65 dB SPL, and loud level: 80 dB SPL). The effect of the presentation mode was explored by fixing either the sentence level or noise level, while the noise or sentence level was adaptively adjusted according to the subject's response.

**Results** The presentation level significantly affected the SRTs, whereas the SRTs did not depend on the presentation mode. The sentence-in-noise intelligibility was similar between 55 and 65 dB SPL, yet the sentence-in-noise intelligibility significantly decreased at 80 dB SPL regardless of the presentation mode. Correlation analyses showed moderate to high positive correlations among the results of two presentation modes.

**Conclusion** A presentation level of 55 or 65 dB SPL yielded comparable adaptive measurement results for normal-hearing subjects, yet the sentence-in-noise intelligibility became worse at 80 dB SPL. Clinicians should be careful with the influence of the presentation level when identifying speech-in-noise intelligibility.

Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2021;64(1):7-12

**Key Words** Korean Matrix Sentence Test · Measurement procedure · Sound-field speech audiometry · Speech in noise intelligibility.

## 서론

우리는 일상생활 속에서 소음이 포함된 듣기 환경을 자주

접하며, 이러한 배경 소음은 어음인지 및 의사소통 능력 등을 저하시킬 수 있다.<sup>1-5)</sup> 임상 현장에서 대상자의 의사소통 능력을 예측하기 위해 주로 조용한 상황에서의 단어인지를 측정

정하는데, 이와 같이 소음 없이 측정한 어음청각검사 결과는 난청인의 소음 상황 속 의사소통 능력 및 보청기 혜택을 신뢰도 있게 예측하지 못한다.<sup>6)</sup>

소음 상황에서 보청기가 얼마나 혜택을 주는지 정량화하기 위해 라우드스피커를 통해 문장을 제시하고 음장 소음하 문장인지검사(sound-field sentence-in-noise recognition test)를 시행할 수 있다. 국외의 경우 Hearing in Noise Test (HINT),<sup>7)</sup> QuickSIN<sup>TM</sup>,<sup>8)</sup> Matrix<sup>9)</sup> 소음하 문장인지검사 도구를 개발하여 진단 및 연구의 목적으로 사용하고 있다. 위의 검사 도구들은 모두 대상자의 반응에 따라 신호대소음비(signal-to-noise ratio, SNR)를 변동하여 50% 인지도에 해당하는 SNR을 찾는 변동형(adaptive) 검사 도구이다. 그러나 각 검사 도구마다 사용하는 제시 레벨, 제시 방법, 결과 산출 방법 등이 서로 다르다.<sup>10)</sup> 예를 들어, HINT 검사의 경우 보통 대상자의 정면(0°) 스피커에서 목표 문장을 제시하고 대상자의 정면(0°), 오른쪽(90°), 왼쪽(-90°) 방향 중 하나에서 소음을 제시하며, 소음의 레벨은 65 dBA에서 고정한 채 문장의 레벨을 변동하여 50%의 소음하 문장인지를 보이는 SNR을 찾는다. QuickSIN<sup>TM</sup> 검사의 경우 HINT 검사와 반대로 문장 레벨을 고정한 채 소음 레벨을 변동하여 SNR을 찾는다. Matrix 소음하 문장인지검사 도구는 현재 15개의 언어로 개발되어 있고, 각 언어의 Matrix 검사 도구 개발 시 단어 및 문장 구성부터 녹음 및 소음 제작, 문장 최적화, 신뢰도 및 타당도 분석을 위한 절차 등을 최대한 동일하게 하여 서로 다른 언어임에도 결과 비교가 가능하다는 특징을 가진다.<sup>11)</sup> Matrix 문장인지검사 시 HINT 검사처럼 고가의 검사 세팅이 아닌 일반적으로 사용하는 음장 검사용 라우드스피커를 통해 음장 소음하 문장인지검사가 가능하고, 목적에 따라 문장과 소음의 위치를 분리하여 검사를 시행할 수 있다. 보통 소음 레벨을 65 dB SPL에 고정한 채 Matrix 문장인지검사를 진행하도록 하지만 소음이 아닌 문장 레벨을 고정한 채 검사를 진행할 수 있고, 65 dB SPL뿐 아니라 50, 80 dB SPL의 제시 레벨도 선택할 수 있어 평균 대화음 레벨인 65 dB SPL에서 어음을 듣기 어려운 고도 이상의 난청인에게 음장 소음하 어음청각검사를 시행할 수 있다는 장점이 있다.

임상 현장에서 검사자가 서로 다른 검사 방법 및 절차를 이용할 경우 검사 결과가 상이할 수 있으므로 이에 대한 검증이 필수적이다. 선행 연구에서 건청 성인 10명을 대상으로 독일어 버전 Matrix 문장인지검사를 통해 제시 레벨과 제시 방법에 따른 효과를 평가한 결과 두 변수 모두 소음하 문장 인지도에 유의한 영향을 주지 않았다.<sup>12)</sup> 그러나 이 연구에 참여한 대상자 수가 적고, 문장과 소음의 레벨을 모두 변동한 것이 아니므로 제시 방법별로 제시 레벨에 따른 효과를 알아

볼 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 변동형 절차로 음장 어음청각검사가 가능한 한국어 Matrix 문장인지검사 도구를 이용하여 제시 레벨과 제시 방법이 건청 성인의 Matrix 소음하 문장인지도에 미치는 영향을 확인하고, 결과 간 상관성을 확인하였다. 제시 레벨 선정 시 선행 연구<sup>13)</sup> 결과를 고려하여 작은 음량과 보통 음량 사이(between soft and medium)에 해당하는 55 dB SPL, 보통 음량(medium)에 해당하는 65 dB SPL, 큰 음량(loud)에 가까운 80 dB SPL에서 문장 혹은 소음을 제시하였다.

## 대상 및 방법

### 대 상

본 연구에는 정상 청력을 가진 성인 27명(남성 14명, 여성 13명)이 참여하였다(평균 30.63세, 연령 범위 25~39세). 순음 청력검사와 어음청각검사 결과(GSI 61 청력검사기; Grason-Stadler, Eden Prairie, MN, USA), 양측 귀 모두 250~8000 Hz 이내 옥타브 단위 주파수에서 20 dB HL 미만의 순음청력역치를 보였고, 조용한 상황에서 대상자의 쾌적 레벨에서 단어를 제시한 경우 100%의 단어인지를 보였다. 임피던스 청력검사기기(r25C; Resonance, Gazzaniga, Italy)를 이용하여 양 귀의 고막운동도 검사를 실시한 결과, 모두 A형 고막운동성을 보였다. 대상자 모두 이과 및 신경학적 병력이 없었으며, 연구 참여 전 연구의 목적 및 절차에 대한 설명을 듣고 연구 참여에 동의하였다(IRB: HUGSAUD256198).

### 연구 절차

본 연구에서는 목록 간 동질성과 신뢰도 등이 검증된 한국어 Matrix 문장 음원과 어음스펙트럼을 가진 비유동성 소음을 사용하였다.<sup>14)</sup> 본 연구에서 사용한 Matrix 문장은 10×5 행렬(matrix)에 포함된 50개의 단어 중 5개의 단어(주어 1개, 형용사 1개, 명사 1개, 수사 1개, 동사 1개)의 조합으로 각 문장을 구성한다. Matrix 문장인지검사에서는 Oldenburg Measurement Applications(OMA) 소프트웨어를 이용하여 대상자의 반응에 따라 자동으로 문장 혹은 소음의 레벨을 조절한다. 검사 시 대상자가 각 문장을 듣고 문장 내 단어를 따라 말하면 대상자의 반응에 따라 최대우도측정(maximum likelihood estimator)<sup>15,16)</sup>에 근거하여 SNR 단위를 변화시키며 SNR을 조절한다. 즉 최대우도측정 절차에서는 직전 자극음들에 대한 반응들에 기준하여 그 다음 자극음의 강도를 변동 조절한다. OMA 소프트웨어에서는 아래의 로지스틱 함수 Eq. [1]을 통해 50% 소음하 문장인지도에 해당하는 SNR과 50% 점점 기울기를 구하여 speech recognition threshold

(SRT)를 확인한다.

$$p(L, SRT, s) = \frac{1}{1 + e^{4s(SRT-L)}} \quad \text{Eq. [1]}$$

본 연구에서는 제시 레벨과 제시 방법(소음 혹은 문장 레벨을 고정)에 따른 소음하 문장인지도를 측정하기 위해 소음 레벨을 55, 65, 80 dB SPL에 고정한 채 문장의 레벨을 변동하여 SRT를 구하거나, 반대로 문장 레벨을 55, 65, 80 dB SPL으로 고정한 채 소음 레벨을 변동하여 50% 인지도에 해당하는 SRT를 구하였다. 55, 65, 80 dB SPL의 레벨에서 소음이나 문장을 제시한 근거는 선행 연구 결과 건청인이 55 dB SPL의 소음을 작은 음량과 보통 음량의 사이의 소리로, 65 dB SPL의 소음은 보통 음량으로, 85 dB SPL의 소음은 큰 소리로 음량범주화(categorical loudness scaling)하였기 때문이다.<sup>13)</sup>

본 연구에서는 불쾌 음량에서의 문장 제시를 피하기 위해 범선행 연구<sup>12)</sup>와 마찬가지로 85 dB SPL이 아닌 80 dB SPL에서 문장을 제시하였다.

본 연구의 실험은 국제표준에서 권고하는 소음허용수준(ISO 8253-3:2012)을 만족하는 방음실에서 진행하였다. 검사 시 free-field equalized 헤드폰(HDA200; Sennheiser Electronics GmbH & Co. KG, Wedemark-Wennebostel, Germany), Fireface UCX 디지털-아날로그 변환기(RME; Haimhausen, Germany), 노트북(gram; LG electronics, Seoul, Korea)을 사용하였다.

선행 연구자들은 Matrix 문장인지검사 시 적어도 2개의 연습 목록을 통해 문장을 듣고 따라 말하기, 소음 혹은 문장이 변동하는 상황에서 문장 인지하기 등에 대한 연습이 되어야 실제 실험 결과가 안정적으로 관찰된다고 보고한 바 있다.<sup>11,12)</sup> 따라서 본 연구에서도 연습 문장 목록을 제시하여 훈련 효과(training effect)를 확인하였다. 실제 실험에서 제시 레벨과 제시 방법에 따라 반복적으로 소음하 문장인지도를 측정하였으므로 순서에 따른 이월(carryover) 효과를 고려하여 라틴스퀘어 실험 설계에 따라 검사를 진행하였다.

## 통계 분석

수집된 결과는 SPSS 25.0 version(IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하여 분석하였고, 유의 수준은 0.05를 기준으로 통계적 유의성을 확인하였다. Shapiro-Wilk 정규성 검정을 시행하여 데이터가 정규분포를 따르는지 여부를 확인하였고, 정규성 만족이 충족된 경우 모수 검정을 시행하였다. 연습 절차를 통한 결과와 실제 실험 결과 간 훈련 효과가 있는지 검증하기 위해 반복측정된 일원분산분석을 시행하였

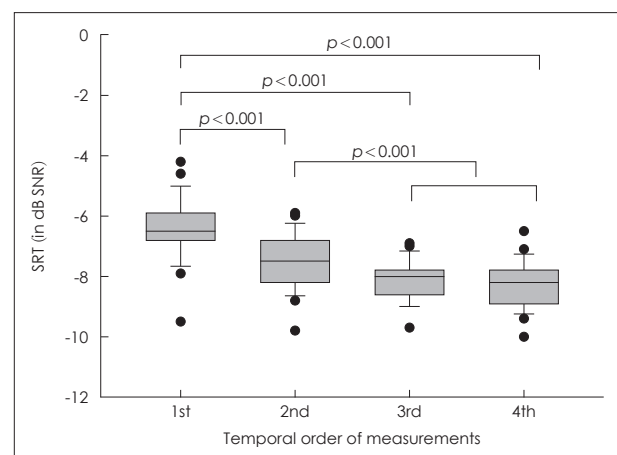
다. 제시 레벨과 제시 방법(그룹 내 독립변수)이 소음하 문장 인지도에 미치는 영향을 확인하기 위해 반복 측정된 이원분산분석을 시행하였으며, 구형성 가정이 만족되지 않았을 경우 Greenhouse-Geisser의 수정된 검정 통계량을 보고하였다. 유의한 주효과로 다중비교가 필요한 경우 1종 오류의 증가를 조정하기 위해서<sup>17)</sup> Bonferroni correction method를 적용하였다. 피어슨 상관분석을 통해 검사 결과 간 상관성을 분석하였고, 피어슨 상관계수가 0.3~0.5면 낮은 상관성, 0.5~0.7면 보통의 상관성, 0.7~0.9면 높은 상관성, 0.9 이상이면 매우 높은 상관성을 가진다고 해석하였다.

## 결 과

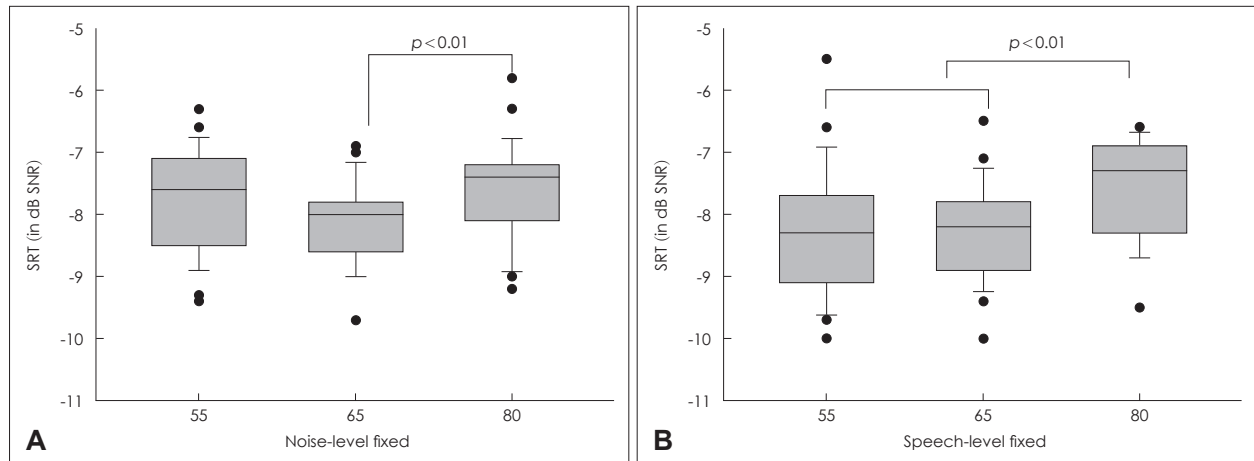
### 훈련 효과

영어, 중국어, 독일어 등의 Matrix 소음하 문장인지 측정 결과, 연습 절차와 실제 실험 결과 간 약 0.7~1.5 dB의 SRT 차이가 있으므로 최소한 두 개의 Matrix 문장 목록을 이용하여 연습을 할 것을 권장하였다.<sup>11,12,18)</sup> 선행 연구와의 비교를 위해 본 연구에서도 동질성이 입증된 네 개의 목록을 통해 반복적으로 소음하 문장인지도를 측정하여 몇 번째 목록부터 훈련 효과의 영향을 받지 않는지 확인하였다.

Fig. 1의 SRT를 통해 알 수 있듯이, 목록 제시 순서대로 평균 SRT가 -6.46 dB SNR  $\pm$ 1.04, -7.49 dB SNR  $\pm$ 0.93, -8.12 dB SNR  $\pm$ 0.64, -8.27 dB SNR  $\pm$ 0.78(중양값: -6.50, -7.50, -8.00, -8.20 dB SNR)으로 목록 간 SRT가 유의하게 달랐다[F(3, 78)=55.05,  $p<0.05$ ]. 다중비교 결과, 첫번째로 시행한 검사 결과가 두번째, 세번째, 네번째 시행한 검사 결과보다 유의하게 더 높았다(나빴다). 두번째 시행한 검사 결과 역시 세번째, 네번째 시행한 검사 결과보다 유의하게 더 높았



**Fig. 1.** Boxplots of SRTs as a function of temporal order of measurements (boxes: the 25th and 75th percentiles, solid lines: median value, error bars: the 10th and 90th percentiles, circles: outliers). SRT: speech recognition threshold, SNR: signal-to-noise ratio.



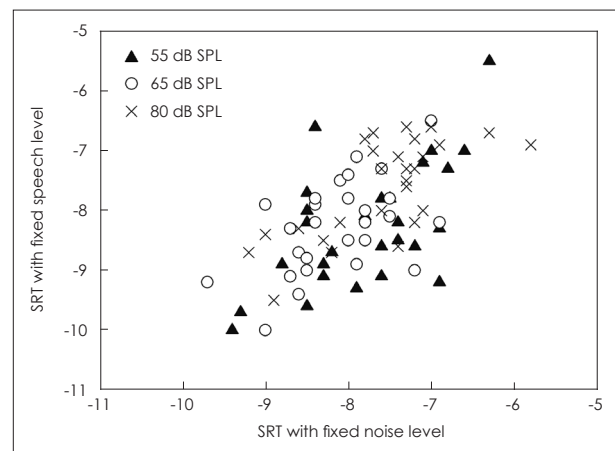
**Fig. 2.** Boxplots of SRTs when noise or speech level was fixed (boxes: the 25th and 75th percentiles, solid lines: median value, error bars: the 10th and 90th percentiles, circles: outliers). SRT: speech recognition threshold, SNR: signal-to-noise ratio.

다(나뻛다). 세번째와 네번째 제시한 목록 간 결과는 유의하게 다르지 않았다. 즉, 선행 연구와 유사하게 두 개의 문장 목록을 통해 연습 과정을 거칠 경우 그 이후(세번째)부터 측정하는 소음하 문장인지도가 유의하게 변화하지 않고 비교적 안정적인 결과를 확인하였다.

#### 제시 레벨과 제시 방법에 따른 소음하 문장인지도

Fig. 2는 제시 레벨(55, 65, 80 dB SPL)과 제시 방법(소음 레벨을 고정 vs. 문장 레벨을 고정)에 따른 평균 SRT를 보여준다. 소음의 레벨을 55, 65, 80 dB SPL에서 고정한 채 문장의 레벨을 변동하여 50% 인지도에 해당하는 SRT를 구한 결과, 소음의 레벨 순서대로 평균 SRT는  $-7.79 \text{ dB SNR} \pm 0.81$ ,  $-8.13 \text{ dB SNR} \pm 0.64$ ,  $-7.57 \text{ dB SNR} \pm 0.77$ 이었다(중양값:  $-7.60$ ,  $-8.00$ ,  $-7.40 \text{ dB SNR}$ ). 소음이 아닌 문장의 레벨을 55, 65, 80 dB SPL에 고정한 채 소음의 레벨을 변동하여 소음하 문장인지를 측정하는 결과 평균 SRT가  $-8.26 \text{ dB SNR} \pm 1.04$ ,  $-8.26 \text{ dB SNR} \pm 0.78$ ,  $-7.60 \text{ dB SNR} \pm 0.81$ 이었다(중양값:  $-8.30$ ,  $-8.20$ ,  $-7.30 \text{ dB SNR}$ ).

반복 측정된 이원분산분석을 시행한 결과, 제시 레벨이 미치는 주효과는 유의하였으나 [ $F(1.57, 40.70)=14.23$ ,  $p < 0.05$ ], 제시 방법에 따른 주효과와 제시 레벨과 제시 방법 간 이원 상호작용은 유의하지 않았다. 각 제시 방법에 따른 결과에서 제시 레벨 간 차이를 확인하기 위해 다중 비교를 시행한 결과, 소음 레벨을 고정하고 문장의 레벨을 변동한 경우 80 dB SPL에서 측정된 평균 결과가 65 dB SPL에서 측정된 결과보다 유의하게 높았다(나뻛다). 문장의 레벨을 고정하고 소음의 레벨을 변동한 경우 80 dB SPL에서 측정된 평균 결과가 55 혹은 65 dB SPL에서 측정된 결과보다 유의하게 높았고(나뻛다). 두 제시 방법 모두 55 dB SPL과 65 dB SPL 레벨에서 측정



**Fig. 3.** Scatterplots of individual speech recognition thresholds (SRTs).

한 결과 간 SRT는 유의하게 다르지 않았다.

#### 상관분석 결과

Fig. 3은 각 제시 레벨(55, 65, 80 dB SPL)에서 두 가지 제시 방법을 통해 측정된 결과 간 상관성을 보여준다. Pearson 상관분석 결과, 소음 레벨 혹은 문장 레벨을 55 dB SPL에 고정하고 구한 SRT 결과 간 피어슨 상관관계수는  $r=0.60$  ( $p < 0.05$ ) 이었고, 소음 레벨 혹은 문장 레벨을 65 dB SPL에 고정하고 구한 측정된 SRT 간 피어슨 상관관계수는  $r=0.52$  ( $p < 0.05$ )으로 모두 보통의 양(positive)의 상관 관계를 가짐을 확인하였다. 소음 레벨 혹은 문장 레벨을 80 dB SPL에 고정하고 구한 측정된 SRT 간 피어슨 상관관계수는  $r=0.70$  ( $p < 0.05$ )으로 높은 양(positive)의 상관 관계를 보였다. 따라서 제시 레벨에 상관 없이 소음 레벨을 고정하고 측정된 소음하 문장인지역치가 낮았던(좋았던) 대상자는 문장 레벨을 고정하였을 때도 소음하 문장인지역치가 낮았음을 의미한다.



## 고찰

현대인들은 다양한 일상생활 소음 속에서 자주 의사소통하므로 조용한 환경에서 측정한 단어인지도만으로 소음이 존재하는 일상생활 속 의사소통 능력을 파악하거나 소음하 듣기 상황에서의 보장구 혜택 정도를 측정하기 어렵다.<sup>6,19)</sup> 미국, 영국 등의 의료 선진국에서는 다양한 소음하 문장인지 평가 도구를 개발 및 표준화 후 임상 및 연구의 목적으로 사용하고 있다.<sup>6-9)</sup> 그러나 국내의 경우 표준화된 소음하 어음청각검사 도구가 부족하여 난청인의 소음하 의사소통 능력을 측정하는데 한계가 있다.

Matrix 문장인지검사 도구는 변동형 절차를 적용하는 검사 도구로 헤드폰 사용 뿐 아니라 라우드스피커를 통한 음장 소음하 문장인지가 가능하다. 현재까지 15개의 언어로 Matrix 문장인지검사 도구가 개발되었다.<sup>9-11)</sup> Matrix 문장인지검사 도구는 언어에 상관없이 공통적으로 10×5 행렬에 포함된 단어 중 5개의 단어 조합으로 문장을 구성하므로 총 10<sup>5</sup>개의 서로 다른 문장이 생성될 수 있어 문장 수가 제한되어 있는 다른 검사 도구에 비해 반복적으로 문장인지를 검사하기 유용하다.

Matrix 문장인지검사를 시행한 다수의 선행 연구에서 연습 목록을 제시하지 않고 검사를 진행할 경우 훈련 효과가 실제 결과에 반영될 수 있다고 밝혔다.<sup>9,11,15,20-22)</sup> 예를 들면 Schlueter 등<sup>22)</sup>은 여섯개의 목록을 통해 장단기 훈련 효과가 Matrix 소음하 문장인지에 미치는 영향을 확인한 결과, 첫번째 문장 목록을 통한 결과에서 두번째 목록에서 얻은 SRT 차이가 가장 컸음(약 1 dB)을 밝혀 최소 40개의 문장(목록 2개)을 통한 연습 절차가 필요하다고 하였다. 본 연구에서도 네 개의 문장 목록을 통해 훈련 효과를 검증하였다. 분석 결과, 첫번째보다 두번째 연습 목록을 제시하였을 때 Matrix 소음하 문장인지도가 유의하게 향상하였으나, 세번째 문장 목록부터는 소음하 문장인지도가 유의하게 변화하지 않았다. 따라서 임상에서 한국어 Matrix 소음하 문장인지검사를 진행할 시 최소 두 개의 목록을 통한 연습 절차를 진행해야 함을 확인하였다.

Theunissen 등<sup>23)</sup>은 소음하 문장인지검사가 소음하 의사소통 능력을 평가하는데 유용하나 검사 도구마다 서로 다른 검사 절차를 적용하므로 이에 대해 검사자가 이해하고 결과에 영향을 줄 수 있는 변인들은 최소화해야 한다고 밝혔다. 본 연구에서는 제시 레벨(55, 65, 80 dB SPL)과 제시 방법(문장 혹은 소음의 레벨을 고정)이 한국어 Matrix 소음하 문장인지 능력에 미치는 영향을 검증하였다. 분석 결과, 건청인의 경우 제시 방법에 상관없이 55 dB SPL과 65 dB SPL에서 소음 하

문장을 제시한 결과는 유의하게 다르지 않았으나, 80 dB SPL의 제시 레벨을 사용하였을 때 SRT가 평균 0.6~0.7 dB 가량 유의하게 높아졌다(나빠졌다). 제시 레벨이 독일어 Matrix 소음하 문장인지도에 미치는 영향을 확인한 선행 연구의 결과에서<sup>12)</sup> 65 dB SPL 제시 시보다 80 dB SPL 제시 시 SRT가 약 0.6 dB 가량 높았으므로, 제시 레벨에 따른 SRT의 변화 정도를 고려하였을 때 본 연구 결과와 유사하다고 볼 수 있다.

소음없이 조용한 상황에서 고주파수 혹은 저주파수 여과한 문장을 75, 85, 95, 105 dB에서 제시한 결과,<sup>24)</sup> 저주파수 정보만 남아 있는 어음보다 고주파수 정보만 남아 있는 어음일수록 85 dB SPL 이상의 제시 레벨에서 문장인지도가 더 저하(약 25%)되었다고 하였다. 75, 87.5, 100 dB SPL의 제시 레벨을 이용하여 건청인과 난청인의 소음하 문장인지를 측정한 선행 연구<sup>25)</sup>에서는 건청인의 경우 75에서 87.5 dB SPL의 제시 레벨 변화로 인해 소음하 문장인지도가 15% 이상 감소하는 롤오버(roll over) 현상을 보였으나 난청인은 동일 레벨 변화에 의해 크게 변화하지 않았다. 문장이 아닌 단어를 통해 69부터 99 dB SPL까지 제시 레벨을 변화하여 건청인과 난청인의 소음하 단어인지를 측정한 결과,<sup>26)</sup> 69 dB SPL을 초과한 레벨에서 소음하 단어인지도가 상당히 감소하였다. 제시 레벨의 증가에 따라 동일한 SNR에서의 단어인지를 분석한 결과, 단어의 제시 레벨이 증가할수록 소음 레벨이 증가하게 되므로 이로 인한 부정적인 영향이 더 커져 제시 레벨에 따른 영향이 건청인과 난청인에서 비슷하게 관찰되었음을 밝혔다. Dubno 등<sup>27)</sup> 또한 동일한 SNR을 적용할 경우 소음 레벨의 증가에 따라 건청 성인의 단어인지도가 저하되었다고 하였고, Hornsby 등<sup>28)</sup>은 소음 레벨의 증가(65~100 dB SPL)로 인해 0 dB SNR에서 측정한 소음하 자음인지도가 전반적으로 감소하였으며, 특히 특정 종류의 자음(/d/, /z/, /n/)이 더 영향을 받았다고 하였다. 위의 결과들을 종합해보면 소음하 어음인지검사를 사용하는 제시 레벨이 소음하 어음인지 능력에 영향을 주므로 검사자는 평가 절차를 결정할 때 주의할 필요가 있다.

요약하면, 한국어 Matrix 소음하 문장인지검사 시 50 혹은 65 dB SPL에서 소음 혹은 문장을 제시한 경우 소음하 문장 인지능력이 크게 다르지 않았으나 80 dB SPL의 제시 레벨에서는 제시 방법에 상관없이 50, 65 dB SPL의 제시 레벨을 사용하였을 때보다 소음하 문장인지도가 저하되었다. 제시 방법의 영향은 유의하지 않았으므로 Matrix 문장인지검사 시 주로 소음 레벨을 고정하고 문장 레벨을 변동하지만, 검사의 목적에 따라 소음이 아닌 문장 레벨을 고정하고 소음 레벨을 변동하는 방법을 사용하여도 건청 성인의 소음하 문장인지도에 큰 영향을 주지 않을 것으로 예상된다. 그러나 본 연구

에서는 건청인만을 대상으로 하였으므로 연구 제한점을 가진다. 향후 난청인을 대상으로 제시 레벨과 제시 방법에 따른 후속 검증을 진행하여 기준치를 세우고 난청 정도에 따른 적절한 검사 절차를 확립하는 것이 필요하겠다.

## Acknowledgments

This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea (NRF-2019S1A5A2A01051014).

## Author Contribution

Conceptualization: Kyung Hyun Kim, Jae Hee Lee. Data curation: Kyung Hyun Kim. Formal analysis: Kyung Hyun Kim. Funding acquisition: Jae Hee Lee. Writing—original draft: Kyung Hyun Kim, Jae Hee Lee. Writing—review & editing: Jae Hee Lee.

## ORCIDs

Jae Hee Lee <https://orcid.org/0000-0002-4152-6434>

Kyung Hyun Kim <https://orcid.org/0000-0002-9729-2358>

## REFERENCES

- 1) Bronkhorst AW. The cocktail party phenomenon: A review of research on speech intelligibility in multiple-talker conditions. *Acta Acust United Acust* 2000;86(1):117-28.
- 2) Wu YH, Stangl E, Chipara O, Hasan SS, Welhaven A, Oleson J. Characteristics of real-world signal to noise ratios and speech listening situations of older adults with mild to moderate hearing loss. *Ear Hear* 2018;39(2):293-304.
- 3) Hwang JS, Kim KH, Lee JH. Factors affecting sentence-in-noise recognition for normal hearing listeners and listeners with hearing loss. *J Audiol Otol* 2017;21(2):81-7.
- 4) Crandell CC. Individual differences in speech recognition ability: Implications for hearing aid selection. *Ear Hear* 1991;12(6 Suppl): 100S-8S.
- 5) Wardenga N, Batsoulis C, Wagener KC, Brand T, Lenarz T, Maier H. Do you hear the noise? The German matrix sentence test with a fixed noise level in subjects with normal hearing and hearing impairment. *Int J Audiol* 2015;54 Suppl 2:71-9.
- 6) Wilson RH. Clinical experience with the words-in-noise test on 3430 veterans: Comparisons with pure-tone thresholds and word recognition in quiet. *J Am Acad Audiol* 2011;22(7):405-23.
- 7) Nilsson M, Soli SD, Sullivan JA. Development of the Hearing in Noise Test for the measurement of speech reception thresholds in quiet and in noise. *J Acoust Soc Am* 1994;95(2):1085-99.
- 8) Killion MC, Niquette PA, Gudmundsen GI, Revit LJ, Banerjee S. Development of a quick speech-in-noise test for measuring signal-to-noise ratio loss in normal-hearing and hearing-impaired listeners. *J Acoust Soc Am* 2004;116(4 Pt 1):2395-405.
- 9) Kollmeier B, Warzybok A, Hochmuth S, Zokoll MA, Uslar V, Brand T, et al. The multilingual matrix test: Principles, applications, and comparison across languages: A review. *Int J Audiol* 2015;54 Suppl 2:3-16.
- 10) Lee JH, Yi DW. A comparison of adaptive sentence-in-noise tests. *Audiol Speech Res* 2017;13(1):9-18.
- 11) Akeroyd MA, Arlinger S, Bentler RA, Boothroyd A, Dillier N, Dreschler WA, et al. International Collegium of Rehabilitative Audiology (ICRA) recommendations for the construction of multilingual speech tests. ICRA Working Group on multilingual speech tests. *Int J Audiol* 2015;54 Suppl 2:17-22.
- 12) Wagener KC, Brand T. Sentence intelligibility in noise for listeners with normal hearing and hearing impairment: Influence of measurement procedure and masking parameters. *Int J Audiol* 2005;44(3):144-56.
- 13) Brand T, Hohmann V. Effect of hearing loss, centre frequency, and bandwidth on the shape of loudness functions in categorical loudness scaling. *Audiology* 2001;40(2):92-103.
- 14) Kim KH, Lee JH. Evaluation of the Korean Matrix Sentence Test: Verification of the list equivalence and the effect of word position. *Audiol Speech Res* 2018;14(2):100-7.
- 15) Brand T, Kollmeier B. Efficient adaptive procedures for threshold and concurrent slope estimates for psychophysics and speech intelligibility tests. *J Acoust Soc Am* 2002;111(6):2801-10.
- 16) Green DM. A maximum-likelihood method for estimating thresholds in a yes-no task. *J Acoust Soc Am* 1993;93(4 Pt 1):2096-105.
- 17) Lee S, Lee DK. What is the proper way to apply the multiple comparison test? *Korean J Anesthesiol* 2018;71(5):353-60.
- 18) Hu H, Xi X, Wong LLN, Hochmuth S, Warzybok A, Kollmeier B. Construction and evaluation of the Mandarin Chinese matrix (CMNmatrix) sentence test for the assessment of speech recognition in noise. *Int J Audiol* 2018;57(11):838-50.
- 19) Grant KW, Walden TC. Understanding excessive SNR loss in hearing-impaired listeners. *J Am Acad Audiol* 2013;24(4):258-73; quiz 337-8.
- 20) Warzybok A, Zhilinskaya E, Goykhburg M, Tavartkiladze G, Kollmeier B, Boboshko M. Clinical validation of the Russian Matrix test - effect of hearing loss, age, and noise level. *Int J Audiol* 2020; 1-11.
- 21) Warzybok A, Zokoll M, Wardenga N, Ozimek E, Boboshko M, Kollmeier B. Development of the Russian matrix sentence test. *Int J Audiol* 2015;54 Suppl 2:35-43.
- 22) Schluter A, Lemke U, Kollmeier B, Holube I. Normal and time-compressed speech: How does learning affect speech recognition thresholds in noise? *Trends Hear* 2016;20:1-13.
- 23) Theunissen M, Swanepoel de W, Hanekom J. Sentence recognition in noise: Variables in compilation and interpretation of tests. *Int J Audiol* 2009;48(11):743-57.
- 24) Molis MR, Summers V. Effects of high presentation levels on recognition of low- and high-frequency speech. *ARLO* 2003;4(4): 124-8.
- 25) Summers V, Cord MT. Intelligibility of speech in noise at high presentation levels: Effects of hearing loss and frequency region. *J Acoust Soc Am* 2007;122(2):1130-7.
- 26) Studebaker GA, Sherbecoe RL, McDaniel DM, Gwaltney CA. Monosyllabic word recognition at higher-than-normal speech and noise levels. *J Acoust Soc Am* 1999;105(4):2431-44.
- 27) Dubno JR, Horwitz AR, Ahlstrom JB. Word recognition in noise at higher-than-normal levels: decreases in scores and increases in masking. *J Acoust Soc Am* 2005;118(2):914-22.
- 28) Hornsby BW, Trine TD, Ohde RN. The effects of high presentation levels on consonant feature transmission. *J Acoust Soc Am* 2005; 118(3 Pt 1):1719-29.