

# Analysis of Correlation between Cognitive Function and Speech Recognition in Noise

Seong Jun Song, Hyun Joon Shim, Chul Ho Park, Seong Hee Lee and Sang Won Yoon

Department of Otolaryngology, Eulji General Hospital, School of Medicine, Eulji University, Seoul, Korea

## 소음환경하에서의 어음명료도와 인지기능과의 상관관계에 대한 분석

송성준 · 심현준 · 박철호 · 이성희 · 윤상원

을지대학교 의과대학 을지병원 이비인후과학교실

Received December 24, 2009

Revised February 17, 2010

Accepted March 2, 2010

### Address for correspondence

Hyun Joon Shim, MD  
Department of Otolaryngology,  
Eulji General Hospital,  
School of Medicine, Eulji University,  
14 Hangeulbiseok-gil, Nowon-gu,  
Seoul 139-872, Korea  
Tel +82-2-970-8276  
Fax +82-2-970-8275  
E-mail eardoc11@eulji.ac.kr

**Background and Objectives** Speech in the noise test has been known to reflect the distortion component of hearing impairment originated not only from the cochlea but also from the central auditory system. For communication with language, a proper cognitive function of the cerebral cortex is essential. In the present study, we aimed to evaluate the correlation between the cognitive function and the speech recognition ability against background noise.

**Subjects and Method** Thirty one listeners with sensorineural hearing loss in both ear participated in this study. We performed pure tone audiometry, a speech recognition test with and without multitalker babble noise, a computerized cognitive function test and the Mini-Mental Status Examination-Korea.

**Results** Speech recognition score in noise showed significant correlations with the results of both computerized cognitive function test and Mini-Mental Status Examination-Korea, whereas, the pure tone average and speech recognition score in the quiet background did not.

**Conclusion** These results support that speech recognition ability in background noise reflects the cognitive function.

Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2010;53:215-20

**Key Words** Speech · Noise · Hearing · Cognition.

## 서 론

인지기능이란 일반적으로 자신과 주위환경에 대한 정보의 입수, 처리, 저장 및 검색 등에 관여하는 광범위한 지적 능력을 말하며, 이러한 기능에는 기억, 주의집중, 추상력, 지능, 판단력, 학습력, 공간지각능력 및 이해력 등이 포함된다.<sup>1)</sup> 언어를 이용한 의사소통에는 단순히 소리를 인식하는 수준을 넘어 의미 있는 언어로써 이해할 수 있는 능력이 필수적인데 이 과정에서 인지기능은 필수적이다. 여기에는 기억하고 있는 어휘력, 금방 들었던 말을 기억하는 작업기억, 문맥을 이해하는 능력, 언어수행능력 등 여러 단계들이 동원된다.<sup>2)</sup> 이러한 일련의 과정들은 말초 청각 기관으로부터 신호를 받아들이는 청각 증추가 주의력, 기억력, 학습 능력 등의 인지기능을 담당하는 전두엽 피질이나 편도체(amyg-

dala) 등과 유기적인 정보 교환을 함으로써 가능해진다. 대부분의 감각신경성 난청인들이 일상생활에서 타인과의 의사소통에 어려움을 느끼게 되는 이유는 와우를 통해 전달되는 청각 신호의 감소뿐 아니라 와우의 주파수 분별력의 감소와 청각증추의 처리능력장애 때문이고 후자의 경우를 난청의 왜곡 요소라고 한다. 왜곡 요소는 소음 상황에서 더 심각한 장애를 초래하고 노화가 진행할수록 청각증추를 포함한 대뇌의 전반적인 인지기능이 감소하기 때문에 고령층일수록 더 심하게 나타나게 된다.<sup>3)</sup> 그러나 이러한 인지기능을 반영할 수 있는 청각검사 도구는 흔치 않은데, 순음청력역치는 인지기능검사의 점수와 상관관계가 없음이 밝혀졌다.<sup>4)</sup> Carhart 등<sup>5)</sup>이 소음환경에서 시행한 어음명료도검사가 인지기능을 반영할 수 있음을 주장한 이후 각국의 언어로 만들어진 word in noise test(WIN test)나 sentence in noise

test가 다른 청각 검사들에 비해 인지기능과 상관관계가 높다는 보고들이 이어져 왔다. 그러나 아직 한글로 만들어진 WIN test와 인지기능 검사와의 상관관계를 분석한 연구는 이루어지지 않았다. 저자들은 선행연구를 통하여 일상 생활에서 듣는 소음과 비슷한 형태인 한국어로 된 다화자 잡음을 배경소음으로 하는 WIN test를 제시하였으며 검사-재검사를 통하여 반복측정에 대한 신뢰도를 확인하였다.<sup>6)</sup> 본 연구에서는 저자들이 기존에 제시한 WIN test가 언어와 관련된 인지기능을 적절히 반영할 수 있는지 검증하기 위하여 전산화 한글언어학습검사를 이용하였고, 단기 기억능력, 기억의 효율성, 학습능력을 각각 반영하는 3가지 변수와의 관련성을 분석하였다. 또한 전반적인 인지기능을 검증하는 도구로서 표준화되어 널리 사용되고 있는 한국형 간이 정신 상태 검사를 이용하여 WIN test와 인지기능과의 상관관계를 다시 한번 검증하였다.

## 대상 및 방법

### 대 상

양측의 청력 역치가 4분법 상 25~60 dB HL에 해당되며 골도 기도차가 10 dB 미만인 감각신경성난청인 31명을 대상으로 하였다. 이들의 평균 연령은 67.6±8.2세이고, 남자는 19명, 여자는 12명으로 250~8,000 Hz 전 주파수대역에서 10 dB 이내의 양측 대칭형 청력을 가지고 있었다. 이들은 전산화 한글 언어학습검사를 시행에 앞서 장애가 될 수 있는 시각기능에는 특별한 문제를 호소하지 않았다.

### 검사기기

청력검사는 Orbiter 922(GN otometrics, Copenhagen, Denmark)를 이용하여 방음실(RE-140, Acoustic Systems, Texas, USA) 내에서 헤드폰(TDH-50P, Telephonics, New York, USA)을 사용하여 시행하였고, 음장(sound field) 검사는 청력검사에 증폭기(R300 plus, InterM, Los Angeles, USA)를 이용해 스피커(DENON SC-M53, China)와 연결하여 시행하였다. 이 때 신호와 잡음이 제시되는 스피커는 피검자와 1 m 거리에서 정면(0°)을 유지하게 하였다. 언어학습기능의 평가는 전산화 신경인지기능검사(computerized neurocognitive-function test 40, Maxmedica, Korea) 중 전산화 한글언어학습검사로 하였다.

### 다화자잡음 환경하에서 어음명료도의 측정: WIN test

WIN test는 기존연구에서 제작된 한국어를 이용한 다화자 잡음을 배경소음으로 하여 피검자의 정면 1 m 앞에 설

치된 스피커에서 신호와 소음이 제시되는 음장에서 어음명료도 측정을 위한 한국어 단음절표에 있는 일음절을 동일한 검사자가 -3 dB SNR의 실시간 음성으로 제시한 후 측정하였다.<sup>6)</sup> 소음의 강도는 70 dB HL로 고정시키고, 신호는 -3 dB SNR, 즉 67 dB로 25개씩의 일음절 어를 피검자에게 실시간 음성으로 제시하여 정반응률을 백분율로 나타내었다.

### 전산화 한글언어학습검사

검사는 컴퓨터 화면에 단어목록 15개를 1초에 하나씩 순차적으로 제시한 후 컴퓨터가 반복하라는 신호를 보내면 피검자가 기억나는 대로 가능한 많이 순서에 상관없이 재생하도록 되어있다. 동일 검사를 5회 반복하여 실시한 후 맞춘 단어수의 총합을 구하고, 새로운 단어 15개를 제시하여 기존 기억의 혼란을 야기시킨 후 20분 후 단어제시 없이 바로 기존 검사단어의 회상을 유도하는 지연검사와 마지막으로 35개의 새로운 단어가 추가된 50개의 단어 목록을 제시한 후 그 중에서 15개의 기본단어를 화면에서 찾게 되는 재인검사로 이루어진다. 5회 검사 점수의 총합은 75점을 만점으로 20분 지연검사와 재인검사점수의 경우 각각 15점을 만점으로 만들어져 있다. 20세에서 49세까지 고졸 이상의 정상 성인을 대상으로 검증한 평균점수는 5회 검사 점수의 총합의 경우 55.17점, 20분 지연검사 점수의 경우 12.29점, 재인검사 점수의 경우 14.03점의 결과를 보였다.<sup>7)</sup> 원 검사는 성우에 의해 녹음된 낱말을 맞추는 청각 기반의 검사이지만 본 연구에서는 모니터에 보이는 단어를 보면서 진행하는 방식으로 변형하여 검사하였다.

### 한국형 간이정신상태검사

대한신경정신과학회에서 사용중인 한국형 간이 정신 상태 검사를 이용하였으며 피검자의 곁에서 한 명의 검사자가 검사의 모든 항목을 측정하였으며 총합을 구하여 30점 만점으로 계산하였다. 24점 이상은 확정적 정상이라고 판정하고 19점 이하는 확정적 치매, 20~23점은 치매 의심이라고 판정한다. 본 연구에서는 피검자 31명 모두 실시하지 못하였고 24명을 대상으로 한국형 간이정신상태검사를 시행하였다.

### 통계분석

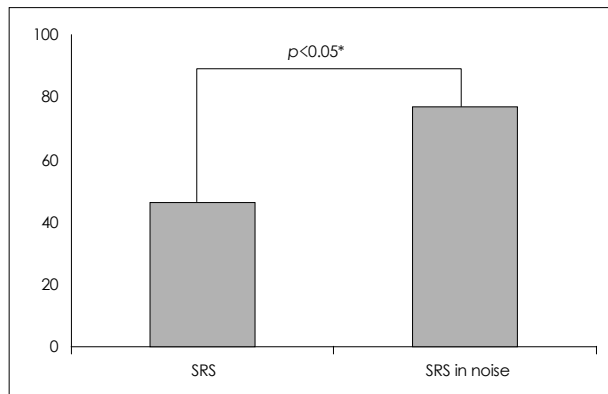
통계프로그램은 SPSS 프로그램(Ver 13.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하였다. 소음이 없는 환경에서 시행한 speech recognition score(SRS)와 SRS in noise간 백분율간 차이의 유의성을 paired T-test로 검정하였다. 피

검자의 연령, 순음청력 역치, 소음이 없는 환경에서의 SRS, SRS in noise, 전산화 한글언어학습검사의 결과를 pearson correlation을 이용하여 상관분석하였다. 또 전산화 한글언어학습검사의 결과를 종속변수로 하고 연령, 순음청력 역치, 소음이 없는 환경에서의 SRS, SRS in noise를 독립변수로 하는 다중회귀분석을 시행하였는데, 전산화 한글언어학습검사 결과는 각각 5회 검사 점수의 총합, 20분 지연검사 점수, 재인검사 점수의 3가지로 나누어 분석하였다. 24명에서 시행한 한국형 간이정신상태검사결과를 종속변수로 하고 피검자의 연령, 순음청력 역치, 소음이 없는 환경에서의 SRS, SRS in noise를 독립변수로 하는 다중회귀분석을 시행하였다.

## 결 과

SRS in noise( $46.4 \pm 19.4\%$ )가 소음이 없는 환경에서의 SRS( $76.8 \pm 16.5$ )보다 백분율 값에서 유의하게 낮았다( $p < 0.05$ ) (Fig. 1).

연령, 순음청력 역치, 소음이 없는 환경에서의 SRS, SRS in noise, 5회 검사 점수의 총합, 20분 지연검사 점수, 재인검사 점수들 간에 상관분석 결과 연령은 5회 검사 점수의 총



**Fig. 1.** The difference between the speech recognition score and speech recognition score in noise. Speech recognition score and speech recognition score in noise showed significant difference each others. SRS: speech recognition score.

합과 음의 상관관계가 있었다( $r = -0.376, p < 0.05$ ). 순음청력 역치의 경우 소음이 없는 환경에서의 SRS( $r = -0.436, p < 0.05$ ), SRS in noise( $r = -0.518, p < 0.05$ )와 음의 상관 관계를 보였고, 소음이 없는 환경에서의 SRS는 순음청력 역치외에 SRS in noise( $r = 0.609, p < 0.05$ )와 양의 상관 관계를 보였다. SRS in noise는 순음청력 역치, 소음이 없는 환경에서의 SRS외에 5회 검사 점수의 총합( $r = 0.528, p < 0.05$ ), 20분 지연검사 점수( $r = 0.489, p < 0.05$ ), 재인검사 점수( $r = 0.396, p < 0.05$ )와 양의 상관관계를 보였다(Table 1) (Fig. 2). 다중회귀분석을 통하여 전산화 한글언어학습검사에 유의하게 영향을 미치는 요인을 분석한 결과 5회 검사 점수의 총합은 연령과 음의 상관관계( $p < 0.05$ ), SRS in noise와 양의 상관관계( $p < 0.05$ )를 나타내었다. 20분 지연검사 점수는 SRS in noise와 양의 상관관계( $p < 0.05$ )를 나타내었고, 재인검사 점수는 연령과 음의 상관관계( $p < 0.05$ ), SRS in noise와 양의 상관관계( $p < 0.05$ )를 보였다(Table 2). 다중회귀분석을 통하여 한국형 간이정신상태검사에 유의하게 영향을 미치는 요인을 분석한 결과 SRS in noise가 양의 상관관계( $p < 0.05$ )를 나타냈다(Table 3).

## 고 찰

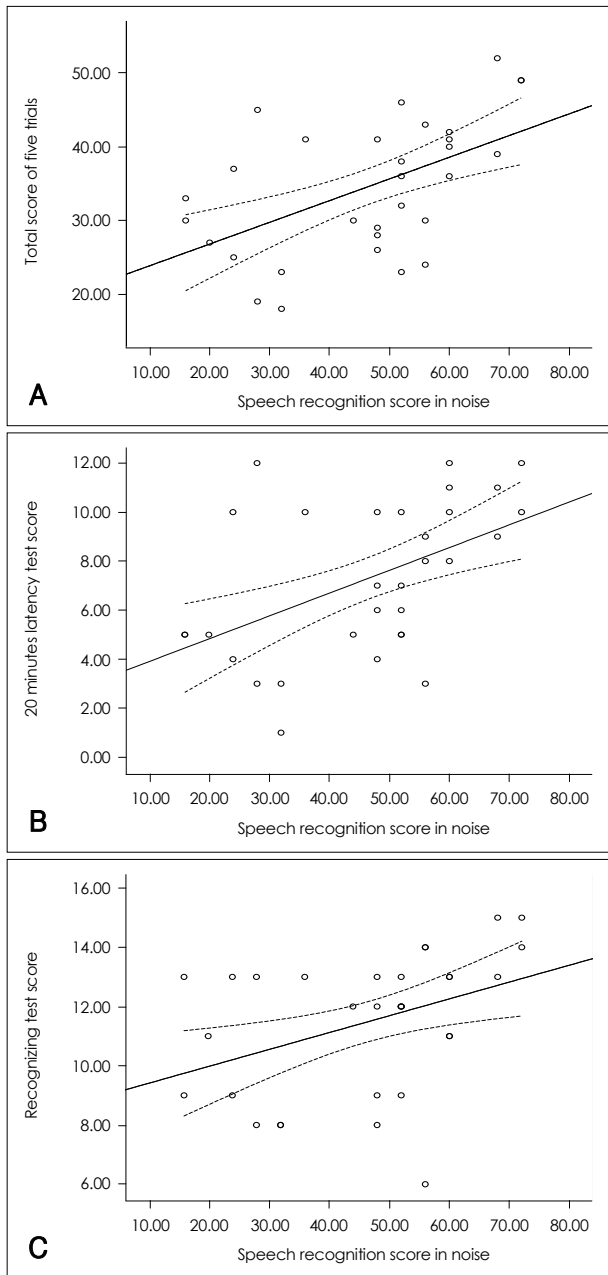
일상의 환경은 소음과 청취자가 듣기 원하는 소리가 함께 존재하는 상황이며 조용한 환경에서 시행되는 청각검사의 경우 그 검사의 결과를 일상생활에서 청취자가 듣는 정확한 언어청취의 능력수준으로 적용하는 데에는 제한이 있다. 특히 감각신경성 난청인의 경우 정상인에 비해 배경소음에 의해서 10~15 dB 정도의 손실을 보게 되며 같은 순음청력 역치를 가지는 난청인들 중에서도 배경소음하 어음인지도는 매우 다양하게 나타난다.<sup>5)</sup>

기억기능이나 학습기능은 일상 생활 능력과도 밀접한 인지기능이며 기억력 저하는 치매환자나 뇌졸중환자 등이 호소하는 주된 증상이다. 똑같은 순음청력 역치를 가진 난청

**Table 1.** Pearson correlations between all variable predictors (n=31)

Predictors	Age	PTA	SRS	SRS in noise	Total score of five trials	20 minutes latency test score	Recognizing test score
Age	-	0.005	0.171	0.094	-0.376*	-0.291	-0.244
PTA		-	-0.436*	-0.518*	-0.272	-0.189	-0.237
SRS			-	0.609*	0.088	0.018	-0.094
SRS in noise				-	0.528*	0.489*	0.396*
Total score of five trials					-	0.879*	0.731*
20 minutes latency test score						-	0.725*
Recognizing test score							-

\* $p < 0.05$ . PTA: pure tone average, SRS: speech recognition score



**Fig. 2.** Correlation between the speech recognition score in noise and the results of computerized language learning tests (n=31). Pearson correlations with 95% confidence limits for the correlation coefficient. Speech recognition score in noise versus total score of five trials (A). Speech recognition score in noise versus 20 minutes latency test score (B). Speech recognition score in noise versus recognizing test score (C).

이 있는 노인들에서 뇌졸중이나 알츠하이머씨병과 같이 중추신경에 장애를 동반하는 질환을 가지고 있는 경우 난청만 가지고 있는 노인보다 의사소통 등 언어를 이해하는 능력이 월등히 저하되는 것으로 나타났는데, 이 결과는 언어를 이해하는데 인지기능의 중요성을 반증하는 것이다.<sup>2)</sup> 또 다른 알츠하이머씨병을 대상으로 한 연구에 의하면 알츠하이

머씨병 환자군의 순음청력 역치가 정상 노인 대조군에 비하여 30 dB 이상 높게 나타나 청력이 낮기 때문에 야기되는 주위 환경 자극의 박탈이 역으로 인지 기능을 악화시킬 가능성도 제기 되었다.<sup>8)</sup> 그러나 본 연구에서는 순음청력 역치와 인지 기능검사 결과와는 상관관계가 없는 것으로 나타났다는데, 이것은 연구에 참여한 대상자의 난청 정도가 경도, 중등도 수준이고 알츠하이머씨병과 같은 심각한 인지 기능 장애를 가지고 있지 않기 때문으로 생각된다.

본 연구에서 사용한 언어학습검사는 15개의 단어로 구성된 단어 목록학습 검사로 스위스 심리학자인 Andre Rey가 만든 Rey Auditory Verbal Learning Test의 원리에 맞추어 한글단어를 선정하여 보다 더 객관적이고 정확한 평가를 위하여 컴퓨터를 이용한 전산화 검사로 개발 되었다.<sup>9)</sup> 전산화 검사는 검사자극이 일정하게 유지되고 검사자에 의한 편견을 제거할 수 있고 반응이 정확하게 기록되어 정신과 의사나 인지기능 검사전문가가 직접 검사하지 않아도 신뢰할 수 있는 결과를 얻을 수 있다는 장점이 있다. 저자들은 원래 성우의 음성으로 제시되는 검사방법을 시각만을 이용하도록 변형하여 검사하였는데, 이것은 난청인에게는 청각적 언어제시 자체가 불리한 조건으로 작용할 수 있을 뿐 아니라 소리를 조금이라도 더 잘 듣기 위한 노력이 주의력이나 작업기억에 할당해야 할 인지 기능의 일부를 소비하기 때문이다.<sup>10)</sup> 전산화 한글언어학습검사에서 1차 시도에서 5차 시도까지 기억한 단어의 합을 통하여 언어학습기능 중 개인의 단기 기억용량을 나타내는 작업기억을 추정할 수 있고, 20분 지연검사의 경우 다섯 번째 수행결과와 비교하여 새롭게 학습한 정보를 유지하는 정도인 기억의 효율성을 반영할 수 있다. 단어 50개 중 기본단어 15개를 선택하는 재인검사의 경우 기억의 효율성과는 상관없이 단기간에 얼마만큼 학습하였는지의 학습능력을 나타낸다.<sup>7)</sup> 본 연구에서는 언어학습검사를 기존에 검증된 청각자극 방식이 아닌 시각자극 방식으로 변형하였기 때문에 기존에 인지검사로 널리 사용되고 있는 간이정신상태검사를 병행하여 소음 환경에서의 어음인지도와와의 상관관계를 분석하였다. 간이정신상태검사는 이미 그 진단적 가치가 검증되어 있는 검사로 치매유무를 판별할 수 있으며 인지기능을 대변하는 검사로 알려져 있다.<sup>11)</sup> 언어학습검사의 3가지 항목 결과 모두 SRS in noise와 양의 상관관계를 보였으며, 간이정신상태 검사 결과와 SRS in noise도 마찬가지로 양의 상관관계를 보여 저자들이 사용한 WIN test가 인지기능을 잘 반영하고 있음을 알 수 있었다. 그러나 순음청력 역치와 소음이 없는 환경에서의 SRS가 청각과 관련된 인지기능과 상관관계를 보이지 않았다는 점은 이들 검사가 청각 중추의 기능

**Table 2.** Summary of the results of multiple regression analyses for each computerized cognitive function tests with predictors (n=31)

Subtest score	Predictor	Standardized beta coefficient	R square
Total score of five trials	Age	-0.394*	0.517
	PTA	-0.019	
	SRS	-0.304	
	SRS in noise	0.740*	
20 minutes latency test score	Age	-0.299	0.450
	PTA	0.048	
	SRS	-0.382	
	SRS in noise	0.775*	
Recognizing test score	Age	-0.515*	0.395
	PTA	-0.112	
	SRS	-0.219	
	SRS in noise	0.673*	

\*p&lt;0.05. PTA: pure tone average, SRS: speech recognition score

**Table 3.** Summary of the results of multiple regression analyses for Mini-Mental Status Examination-Korea with predictors (n=24)

Subtest score	Predictor	Standardized beta coefficient	R square
Mini-Mental Status Examination-Korea	Age	-0.035	0.277
	PTA	0.057	
	SRS	-0.029	
	SRS in noise	0.570*	

\*p&lt;0.05. PTA: pure tone average, SRS: speech recognition score

을 반영하는 데에 부족함을 시사한다고 생각된다. 이러한 현상은 소음과 같은 불리한 청각환경에서의 청취는 더욱 인지기능에 의존하게 되기 때문인 것으로 해석되며, 이것은 와우의 주파수 분별력 감소와 청각중추의 처리능력 장애에서 비롯된 난청의 왜곡 요소가 배경 소음하에서 더욱 강조되는 것과 관련이 있다.<sup>12)</sup> 같은 청력역치를 가지는 난청인들에서 소음환경하에서의 언어인지력은 매우 다양하게 나타나게 되는데, 개인별로 다양한 인지기능의 차이가 이것을 설명해 줄 수 있을 것이다.

소음환경하에서 시행한 어음명료도 검사와 인지기능검사 사이에 높은 상관관계가 있음을 보고한 외국 문헌들을 보면, 72명의 난청인을 대상으로 배경소음하 어음명료도검사와 작업기억과 언어수행능력을 검사하는 인지기능검사 중 하나인 reading span test의 결과와 연관성을 분석한 연구에서 보청기착용 전후에 관계없이 유의한 연관성이 있음을 보고한 연구가 있었다.<sup>13)</sup> 또한 speech perception in noise test (SPIN test)와 인지기능검사 결과를 비교한 연구에서는 SPIN test 결과가 낮은 난청인의 경우 모든 인지기능검사영역에서 정상인에 비하여 유의하게 낮은 점수를 나타내었다.<sup>14)</sup> 30명의 난청인을 대상으로 순음청력 역치와 IQ test, Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery를 이용한 인지기능을 비교한 연구에서 순음청력 역치는 기억력이나 작업기억과 연관성이 없는 것으로 나타나 본

연구 결과와 일치하였다.<sup>4)</sup> 또한 Humes 등<sup>15)</sup>은 50명의 노인을 대상으로 어음인지도에 영향을 주는 인자들을 분석하여 청력 역치가 약 70~75%의 비중을 차지하고 나머지가 청각과 관련된 인지기능에 해당한다고 하였다.

WIN test는 조용한 환경에서 시행하는 어음명료도 검사나 순음청력 검사에 비해 언어와 관련된 인지기능을 잘 반영할 수 있는 것으로 나타났다.

## REFERENCES

- 1) McAllister TW. Cognitive functioning in the affective disorders. *Compr Psychiatry* 1981;22(6):572-86.
- 2) Humes LE, Burk MH, Coughlin MP, Busey TA, Strauser LE. Auditory speech recognition and visual text recognition in younger and older adults: similarities and differences between modalities and the effects of presentation rate. *J Speech Lang Hear Res* 2007;50(2):283-303.
- 3) Wilson RH, McArdle R. Speech signals used to evaluate functional status of the auditory system. *J Rehabil Res Dev* 2005;42(4 Suppl 2):79-94.
- 4) Zekveld AA, Deijen JB, Goverts ST, Kramer SE. The relationship between nonverbal cognitive functions and hearing loss. *J Speech Lang Hear Res* 2007;50(1):74-82.
- 5) Carhart R, Tillman TW. Interaction of competing speech signals with hearing losses. *Arch Otolaryngol* 1970;91(3):273-9.
- 6) Park CH, Lee SH, Shim HJ, Lee SJ, Yoon SW, Lee KW. Study of the speech in noise test using a multi-talker babble noise. *Korean J Audiol* 2008;12(1):10-5.
- 7) Bae DS, Lee JB, Ban YG. *Computerized Neurocognitive Function Test*. 1st ed. Seoul, Korea: Hana medical publishing company;2005. p. 99-111.
- 8) Uhlmann RF, Larson EB, Rees TS, Koepsell TD, Duckert LG. Re-

- relationship of hearing impairment to dementia and cognitive dysfunction in older adults. *JAMA* 1989;261 (13):1916-9.
- 9) Kwon JS, Lyoo IK, Hong KS, Yeon BK, Ha KS. Development and standardization of the computerized memory assessment for Korean adults. *Korean J Neuropsychiatr Assoc* 2002;41 (2):347-62.
  - 10) Schneider BA, Daneman M, Pichora-Fuller MK. Listening in aging adults: from discourse comprehension to psychoacoustics. *Can J Exp Psychol* 2002;56 (3):139-52.
  - 11) Paquay L, De Lepeleire J, Schoenmakers B, Ylief M, Fontaine O, Buntinx F. Comparison of the diagnostic accuracy of the Cognitive Performance Scale (Minimum Data Set) and the Mini-Mental State Exam for the detection of cognitive impairment in nursing home residents. *Int J Geriatr Psychiatry* 2007;22 (4):286-93.
  - 12) van Rooij JC, Plomp R. Auditive and cognitive factors in speech perception by elderly listeners. II: Multivariate analyses. *J Acoust Soc Am* 1990;88 (6):2611-24.
  - 13) Lunner T. Cognitive function in relation to hearing aid use. *Int J Audiol* 2003;42 Suppl 1:S49-58.
  - 14) Gordon-Salant S, Fitzgibbons PJ. Selected cognitive factors and speech recognition performance among young and elderly listeners. *J Speech Lang Hear Res* 1997;40 (2):423-31.
  - 15) Humes LE, Watson BU, Christensen LA, Cokely CG, Halling DC, Lee L. Factors associated with individual differences in clinical measures of speech recognition among the elderly. *J Speech Hear Res* 1994;37 (2):465-74.