

## 정상 한국성인의 모국어 단음절 청각 숫자 기억 처리에 관한 연구

한림대 언어청각학부, 청각언어연구소<sup>1</sup> · 한림대학교 일반대학원<sup>2</sup>

임 덕 환<sup>1</sup> · 문 지 연<sup>2</sup>

### ABSTRACT

#### Korean monosyllabic auditory digit span memory in normal hearing adults

Dukhwan Lim<sup>1</sup> and Ji Yun Moon<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Section of Audiology, Audiology and Speech Pathology Research Institute, Hallym University, ChunCheon, South Korea

<sup>2</sup>Graduate School, Hallym University, ChunCheon, South Korea

Digit spans were frequently used as a potential tool for evaluating central auditory signal processing such as auditory memory and learning. The basic detailed data, however, were not available for Korean digit span sets. In this study, Korean monosyllabic digit spans were examined in normal hearing adults. The stimuli were synthesized in 1 to 10 Korean digit spans of male and female voices. They were randomly presented through the closed acoustic system for 20 subjects (10 males and 10 females). The corresponding responses were recorded and analyzed on the custom-made computerized workstation. In this result, no statistically significant differences were observed in terms of the lateralization (left/right) and the gender of the subjects and speakers ( $p > .01$ ). The average performance point of 50% was determined at the index value of about 8 in this Korean digit span study. In conclusion, the data exhibited the similar trends as those from digit span experiments with other languages. Further language specific outcomes can be analyzed with the addition of the related digit intervals and controlled acoustical features. This procedure may also contribute to clinical applications on screening and probing memory-related central processing disorders.

**KEY WORDS** : auditory short-term memory, digit span, Korean monosyllabic digit, temporal auditory processing

### INTRODUCTION

학습과 연관된 기억습득에 청각, 시각 자극 등이 함께 작용하여 영향을 주게 된다(Morton, 1969). 이 과정에서 청각 기억도 단기기억(short-term memory), 장기기억(long-term memory), 감각기억(sensory memory) 등의 영역으로 구분될 수가 있다(Cowan, 1984; Albert, 1994; Baddeley 1999; Williams & Lovatt, 2003; Sussman & Gumenyuk, 2005). 청각 감각기억의 경우는 음의 주파수, 강도 등의 영향을 받고, 가장 짧은 기억으로 순간기억에 해당이 된다. 청각 저장기억인 echoic mem-

ory는 필요한 요소를 초기에 저장해 주는 역할을 하게 되며, 이 echoic memory는 반복을 통한 장기기억 저장을 가능하게 한다(Cowan, 1984). 이러한 과정을 통해 습득된 언어는 phonological memory 특성을 가지며, 이는 언어를 학습하고 이해하는데 관여하며, echoic memory와도 연결이 된다(Baddeley, 1999). Baddeley(1986, 1999)는 이러한 연결의 중간적 중첩 단계로 working memory (작업기억) 개념을 확장하였고, 작업기억 능력은 동시에 주어진 자극을 처리하고 저장하는 것을 포함한다고 정의하였다. 또한 이 작업기억은 들어오는 다른 정보를 지속적으로 처리하는 동안 단기간 정보를 저장해 두는 역할도 하게 된다(Mackintosh & Bennett, 2003).

현재까지 다수의 연구에서 이러한 청각 기억과정의 단계를 살펴보면 숫자와 같은 자극들이 꾸준히 사용되고 있다(Ferguson & Bowey, 2005; Lynn & Irwing, 2008). 이러한 숫자 자극은 위에 제시한 과정을 거쳐 단기기억으로 저장되고, 피검자는 이 정보를 신호처리에 활용할 수 있게

논문접수일: 2011년 11월 06일

논문수정일: 2011년 12월 01일

게재확정일: 2011년 12월 13일

교신저자: 임덕환, 강원도 춘천시 한림대학길 1  
한림대학교 언어청각학부 청각학전공, 청각언어연구소  
전화: (033) 248-2217, 전송: (02) 6280-9133  
E-mail: dlim@hallym.ac.kr

된다. 또한 이러한 청각기억에 언어적 요인들이 관련되어 있음을 나타내는 결과들도 다수 발표되고 있다(Williams & Lovatt, 2003; Sussman & Gumenyuk, 2005; Lynn & Irwing, 2008). 평균적으로 사람은 일곱 가지 정도의 숫자 (magical number of seven)를 기억할 수 있다고 한다 (Miller, 1956). 이 범위를 넘는 정보가 들어오면 한 가지 정보를 지워버린 다음에 새로운 정보를 추가할 수밖에 없다고 하고, 피검자에게 익숙하거나 그렇지 않은 숫자를 제시하였을 때에 (7±2)단위로 기억을 한다고 한다.

Naveh-Benjamin & Ayres(1986)의 영어권 연구에 따르면 영어, 스페인어, 히브리어, 아랍어 4개의 언어로 숫자 자극을 주었을 때의 수행력 검사 결과에서 영어, 히브리어, 스페인어, 아랍어 순으로 수행능력이 높은 결과를 얻었다. 영어를 제외한 경우에는, 모든 피검자가 공통으로 알고 있었던 히브리어에서 기억 수행력이 높게 나타난다고 보고하였다. 이러한 자료를 비교해 볼 때, 기존에 노출되었던 언어나 모국어에서의 이러한 숫자 수행력이 더 높게 나타날 수 있다는 것을 추정해 볼 수 있다.

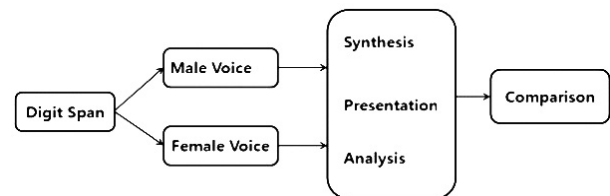
국내의 경우를 살펴보면, 권준수 외(2002)의 한글 digit expansion 보고에서 영어권의 자료와 다른 수치를 제시하고 있으며, 이들 자료를 보면, 대상연령, 청각기능, 평가방법 등에서 보다 세분화된 내용으로 비교 분석이 필요해 보인다. 또한 김유경 외(2008)의 이중 숫자 실험 자료에 따르면 영어 숫자자극은 우리 말 숫자자극과 음향적, 음운적 특성에서 차이가 있고, 이러한 차이점으로 인해 관련 숫자를 인식하는데 있어서 영어권의 자료와 차이를 보인다고 하였다. 이러한 차이는 개별 언어마다 결과가 다를 수 있다는 Patel(2003)의 주장과도 일치한다. 현재 한국어를 대상으로 하는 경우에는 체계적인 관련 기본 자료가 상대적으로 부족한 여건이다. 이러한 배경에서 다른 언어에서의 자료만으로 한국어에서의 결과를 추측할 수는 없고, 구체적인 기본적인 내용의 확인부터 필요한 실정이다. 본 연구에서는 그 기초 시작 자료로 청각적으로 동일성이 유지되는 20대 초반의 정상인에서의 숫자 확장 기억 자료를 구하고자 하였고, 한국어를 모국어로 사용하는 정상 성인에서 화자의 성별변수나 좌우 측 편향성이 단음절 숫자 확장을 사용한 청각 기억 수행력에 미치는 영향과 특성을 분석하고자 하였다.

## MATERIALS AND METHODS

본 연구는 국내 대학교에 재학 중인 정상청력을 가진 20대 초반까지의 학생(평균연령 22.5세) 20명(남 10명,

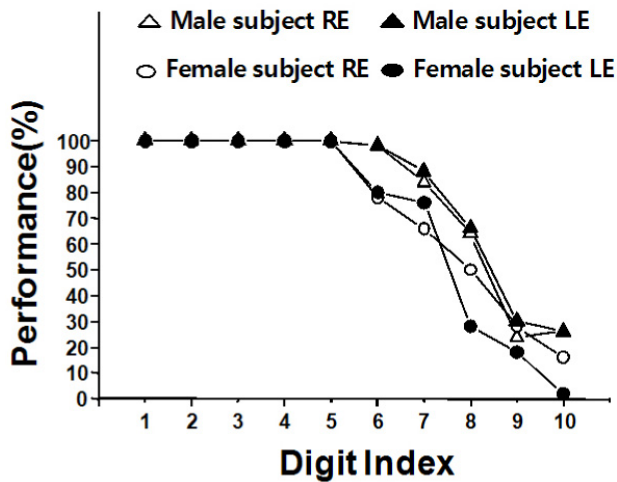
여 10명)을 대상으로 하여 시행하였다. 모든 실험 대상자는 임피던스 검사에서 정상이었고, 순음청력 검사(PTA, Pure Tone Audiometry)결과 양측 귀 모두 250 ~ 8,000 Hz에서 20 dB HL 이하의 정상 역치를 보였다. 단어인지도(WRS, Word Recognition Score)결과는 양측 귀 모두 95% 이상인 정상으로 나타났으며, 다른 이과적인 병력은 없었다.

순음검사와 단음절 어음인지검사는 Grason-Stadler의 GSI 61에서 TDH 50 기도 헤드폰을 사용하여 측정하였고, 중이검사는 Madsen Zodiac Middle Ear Analyzer (Zodiac 901, Version 4.08) 검사기를 사용하였으며, 평가는 방음부스 안에서 실시하였다(소음레벨 < 30 dBA; 2236 SLM, B&K). 청각 기억 검사는 별도 제작된 전산 자극 합성 시스템에서 한글로 된 숫자 확장(digit span) 자극을 사용하고 그 반응 결과를 분석하였다. 실험에 사용된 digit span은 한글 단음절 숫자의 수(index)를 1에서 10 자리까지 늘려가며 무작위로 제시할 수 있도록 제작하였다. 이 숫자를 제시할 때, 사전 예비 실험 결과를 참고하여 화자의 성별 변수를 남녀로 달리하여 제시하였으며, 남성화자와 여성화자에 대하여 동일한 내용을 반복 실험을 하였다. 이러한 전체 실험 과정은 <Fig. 1>과 같이 나타낼 수 있다.



**Figure 1.** 한국어 단음절 숫자 확장 검사의 진행 과정. 실험에 사용되는 digit span set을 남성과 여성 화자 두 가지 버전으로 무작위로 합성하여 제시하였고, 이 반응을 실시간으로 기록하고 분석하도록 전산시스템을 구성하였다.

피검자에게 제시할 한글 숫자 음은 남성과 여성화자 별로 전산 합성하여 제작하였다(DAQPad-6251, NI; 16 bit, sampling rate = 44.1 kHz). 예비 실험을 거쳐서, 검사 제시 강도는 60 dB HL로 결정하였고, 숫자 간 간격은 500 msec이 되도록 조정하였다. 검사에 사용된 숫자는 0~9까지의 단음절 숫자를 사용하였고 처음에는 한 자리 수의 숫자(digit index = 1)로 제시하여 점차적으로 숫자의 수를 늘려 최종적으로 10자리 수(digit index = 10)로 이루어진 자극을 제시하였다. 초기의 한자리로 구성된 그룹이 끝나면 두 자리로 구성된 숫자 그룹을 제시하



**Figure 2.** 한글 숫자 확장 자극에 대한 남녀 피검자의 좌/우측 귀에서 digit index에 따른 평균 수행력 차이. 횡축은 digit expansion index이고, 종축은 각 index 단계별로 10개의 random sample로 구성된 남성화자 set들에 대한 피검자군의 평균 정답 퍼센트를 나타낸다. RE: right ear; LE: left ear (N = 20, male = 10, female = 10).

고, 이러한 방식으로 열 자리로 구성된 그룹까지 검사를 진행하였다. 한 개의 제시된 숫자 자극이 종결되면 피검자는 기억한 숫자를 입력하는 순서로 검사를 진행하였다. 이 한글 숫자를 각 단계별로 10개씩 무작위로 전산 합성하였고, 이 자극을 anti-aliasing filter (Frequency Devices 900)와 감쇄기(HP 350D)로 음향 보정과 확인을 한 후에 (2236 SLM, B&K; 4188 Mic, B&K), 삽입형 이어폰 (ER 4, Etymotic Research; AUDEO, Phonak)을 통하여 피검자의 오른쪽 귀와 왼쪽 귀에 각각 제시하였다. 이 그룹별 무작위 숫자 조합에 대한 해당 피검자의 반응이 전산프로그램(C#)으로 작성한 처리과정에서 실시간 분석되도록 시스템을 구축하였다. 자료에 대한 통계적 분석은 PASW 18.0 프로그램에서 ANOVA와 사후검정(Scheffe)으로 처리하였고, 다른 자료와 비교를 위하여 유의수준 .01에서 판정하였다. 각 단계별로 digit의 수가 늘어남에 따라 나타나는 청각기의 수행력이 50%되는 지점은 선형 회귀분석으로 추정하였다.

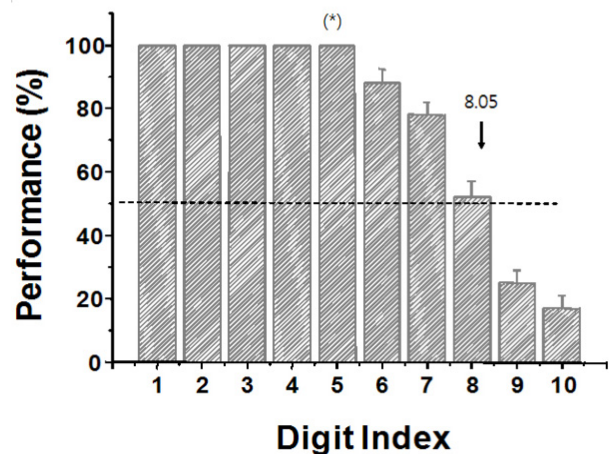
## RESULTS

### 한글 청각숫자 확장에 대한 피검자의 성별과 좌우측의 수행력

한국어를 모국어로 하는 정상 청력을 가진 대학생 남자 10명과 여자 10명으로 구성된 총 20명의 피검자를 대상으로(평균연령 22.5세) 숫자 확장(digit span)에 대한 청각기억(auditory memory) 수행력을 분석하였다(Fig. 2).

본 결과에서는 동일한 남성 화자에 대한 남녀 피검자의 수행력의 차이는 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다( $p > .01$ ). 또한 같은 조건에서 피검자의 좌/우측 귀에서

도 유의미한 차이는 나타나지 않았다( $p > .01$ ). 여러 한글 숫자제시 조건에서 digit index 값이 5가 될 때까지는 모두 100%의 수행능력을 보여 주었다(perfect score index 구간 = 5). 이러한 결과를 근거로 남성화자에 대한 전체 자료를 정리하면 <Fig. 3>과 같다.



**Figure 3.** 한글 숫자확장 남성화자 자극에 대한 전체 평균 수행력 차이. 횡축은 digit expansion index이고(\*는 perfect score index 지점, 점선은 50% 수준을 표시함), 종축은 각 index 단계에 대한 피검자군의 전체 귀의 평균 정답율을 나타낸다(N = 40).

이 전체 자료에 대하여 50%의 수행능력을 보이는 index 지점을 회귀분석으로 구해보면 남성화자에 대하여 8.05의 index 수치를 보이고 있다.

### 한글 청각숫자 확장에 대한 화자의 성별에 따른 피검자의 수행력

동일한 조건에서 화자의 남녀 성별 변수에 따른 수행력

의 차이를 비교하기 위하여 여성 화자가 제시하는 한글 숫자 확장 자극에 대하여 피검자의 청각기억능력을 평가하였다. 여성화자에 대해서도 앞의 남성화자에서와 매우 유사한 결과를 보였으며, 남녀 피검자나 좌/우측 귀에서의 수행력에서 통계적으로 유의미한 차이는 나타나지 않았다( $p > .01$ ). 또한 한글 여성화자의 자극을 제시 하였을 경우에 수행력이 50% 되는 지점은 8.06으로 나타났으며, 이 수치 역시 남/녀 화자간의 차이가 없었다( $p > .01$ ). 이 남녀 화자에 대한 전체 결과를 정리하면 <Fig. 4>와 같다.

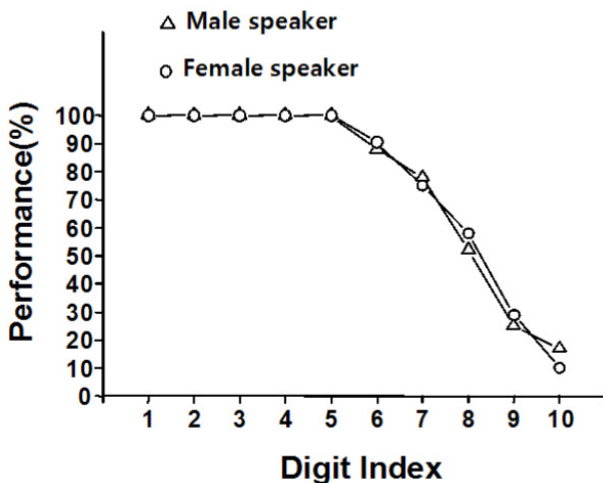


Figure 4. 한글 숫자 확장 자극을 구성하는 남/녀 화자에 따른 전체 실험군의 평균 수행력 차이 비교(N = 40).

이 자료에 대하여 피검자의 수행능력은 남성 화자와 여성 화자 차이에 대하여 유의미한 통계적 차이는 보이지 않았다( $p > .01$ ).

## DISCUSSIONS AND CONCLUSIONS

본 연구는 한국어를 모국어로 하는 정상 청력을 가진 20대 초반의 대학생 피검자를 대상으로 하여, 화자의 성별, 피검자의 성별, 좌우 측 귀가 숫자 확장을 이용한 청각 기억 수행 능력에 어떠한 영향 주는지 분석하였다. 결과를 종합해보면, 이 그룹에서 숫자 확장 기억 수행력 50% 되는 index 지점은 약 8이고, 100%를 보이는 perfect score index 구간은 5로 나타났다. 피검자의 성별에 따른 청각 처리 수행력의 차이는 없었으며, 피검자의 좌우 측 귀의 수행력 역시 통계적으로 유의미한 차이는 나타나지 않았다. 또한 남녀 화자가 청각 기억 처리 수행력에 미치는 영향도 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않음을

확인하였다.

남녀 화자 변수에 따른 청각 기억 수행력의 경우에 다른 언어로 시행된 유사 연구에서도 유의미한 차이는 관찰되지 않았다. 이는 기존의 영어권을 포함한 다른 언어에 나타난 경향과 유사하였다(Miller, 1956; Naveh-Benjamin & Ayres, 1986; Cambron et al., 1991). 이 중 Cambron et al.(1991)의 연구를 살펴보면, 남녀 화자의 자극 단어를 피검자에게 제시하고 그 수행력을 보았을 때, 남녀 화자 변수에 대한 유의미한 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 한편, Lynn et al.(2008)의 연구에 따르면 Wechsler digit span을 사용하여 남녀 피검자의 수행력을 검사한 결과 동일한 자극 제시에서 어린아이로 구성된 피검자 자료를 보면 숫자 확장과 같은 immediate memory에서는 거의 남녀차이가 나타나지 않는다고 주장하였다. 본 논문에서도 동일한 조건에서 남녀 피검자의 수행력의 차이는 유의미하게 나타나지 않았다. 그러나, 화자의 남녀성별에 따른 피검자의 수행력이 50% 되는 지점은 한글 단음절 숫자에서 각각 8.05과 8.06으로 비교적 높은 값을 보였고, 상호간 통계적인 차이는 보이지 않았다. 이 역시 지점에 우수한 수행력은 대략적으로 권준수 외(2002)의 7 그리고 Spitz(1978)의 자료인 6과 비교하여 8 정도의 평균치를 보인다. 이러한 차이는 본 연구에서의 한국어 자료는 더 동질화되고 좁은 정상 연령대에서 실행되었고, 영어권에 비해서 음절이 단음절인 언어적 특성, 실험 과정에서의 세부 통제요인에 기인한 것으로 추정된다. 특히, 단음절 숫자 자극을 사용하였기 때문에 단음절 숫자가 일부 포함되는 다른 언어권에 비하여 높은 성적을 얻은 것으로 볼 수 있다. 이러한 근거는 Aaronson(1974)의 자료에서도 볼 수 있는데, 단어의 duration이 길어짐에 따라 기억 수행력이 감소하는 것이 상위 영역의 정보처리과정에서 추가적인 처리능력을 요하기 때문이라고 추정하였다. 이러한 언어적 특성 자료에 근거하여, 한국어 집단에 대한 자극 간 간격이나 지속시간에 대한 추가 수행력 조사도 필요하다고 생각된다.

숫자확장기억과 관련하여 여러 다양한 응용 분야가 진행되고 있다. 한 예를 들면, Javitt et al.(1997)은 정상인과 정신분열증(Schizophrenia) 환자에게 음(tone)과 숫자를 제시하고 기억하게 할 때 그 결과를 비교하면, 정신분열증을 선별하는데 효과가 있다고 하였다. 이러한 자료에 기초하여 한국어 숫자 청각 기억 검사도 피검자의 청각 기억 수행력과 연관된 정신분열증을 선별하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

종합해보면, 그간 여러 추측이 있었지만, 한국어 단음절

숫자 확장을 이용하여 한국어를 모국어로 하는 정상 성인의 청각 기억 수행력을 분석해본 결과, 수행력 역치 수준에서는 다른 언어권 자료나 유사 자료와 비교하여 높은 수행력을 보이면서도 피검자나 화자의 성별, 좌우 측 편향성 등에서는 유사한 경향을 나타내었다. 이러한 한국어 숫자 확장을 응용한 청각 기억 평가는 관련된 정신질환 선별이나 중추청각처리능력 평가에 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

중심단어 : 숫자확장, 시간적 청각 정보처리, 청각 단기 기억, 한국어 단음절 숫자

## ACKNOWLEDGEMENTS

이 논문은 2010년도 한림대학교 교비연구비(HRF-2010-025)에 의하여 연구되었음.

## REFERENCES

- 권준수, 류인균, 홍경수, 연병길, 하규섭. 한국성인 기억력 평가를 위한 전산화도구의 개발과 표준화. *신경정신의학*. 2002;41(2): 347-358.
- 김유경, 최양규, 박현, 석동일. 정상 성인의 이분숫자청취의 특징. *특수교육저널: 이론과 실천*. 2008;9(2):45-60.
- Aaronson D. Stimulus factors and listening strategies in auditory memory: a theoretical analysis. *Cognitive Psychol*. 1974;6(1): 108-132.
- Albert M. Cognition and aging. In: Hazzard W, Bierman E, Blass J, Ettinger W, Halter J (Eds.). *Principles of geriatric medicine and gerontology*. New York: McGraw-Hill;1994.
- Naveh-Benjamin M, Ayres TJ. Digit span, reading rate, and linguistic relativity. *Q J Exp Psychol A*. 1986;38(4):739-751.
- Baddeley AD. *Working memory*. Oxford: Clarendon Press;1986.
- Baddeley AD. *Essentials of human memory*. Hove: Psychology Press;1999.
- Cambron NK, Wilson RH. Spondaic word detection and recognition functions for female and male speakers. *Ear Hear*. 1991;12(1):64-70.
- Cowan N. On short and long auditory stores. *Psychol Bull*. 1984;96(2):341-370.
- Ferguson AN, Bowey JA. Global processing speed as a mediator of developmental changes in children's auditory memory span. *J Exp Child Psychol*. 2005;91(2):89-112.
- Javitt DC, Strous RD, Grochowski S, Ritter W, Cowan N. Impaired precision, but normal retention, of auditory sensory ("echoic") memory information in schizophrenia. *J Abnorm Psychol*. 1997;106(2):315-324.
- Lynn R, Irwing P. Sex differences in mental arithmetic, digit span, and g defined as working memory capacity. *Intelligence*. 2008;36:226-235.
- Mackintosh NJ, Bennett ES. The fractionation of working memory maps on to different components of intelligence. *Intelligence*. 2003;31(6):519-531.
- Miller GA. The magic number seven plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychol Rev*. 1956;63(2):81-97.
- Morton J. Interaction of information in word recognition. *Psychol Res*. 1969;76:165-178.
- Patel AD. Language, music, syntax, and the brain. *Nat Neurosci*. 2003;6(7):674-681.
- Spitz HH. Note on immediate memory for digits: invariance over the years. *Psychol Bull*. 1972;78(3):183-185.
- Sussman ES, Gumenyuk V. Organization of sequential sounds in auditory memory. *Neuroreport*. 2005;16(13):1519-1523.
- Williams JN, Lovatt P. Phonological memory and rule learning. *Lang Learn*. 2003;53:67-121.