

자극의 복잡성, 주의집중방식 및 연령에 따른 이분숫자청취 능력 비교

전 아 름

코클리아 코리아, 한림대학교

장 현 숙*

한림대학교 언어청각학부

《 요 약 》

본 연구는 한국어를 이용한 이분숫자청취검사를 자극의 복잡성, 주의집중방식, 연령에 따라 개별로 수행능력을 측정함으로써 한국인의 청각정보처리능력과 이분숫자청취검사의 임상적 유용성을 살펴보는 데 그 목적이 있다. 2를 제외한 1-10까지의 한국어 숫자를 사용하여 1-4 digit pair의 이분숫자청취검사의 음원을 제작하였다. 20대 성인 20명과 7~12세의 각 연령별 10씩 총 60명의 아동을 대상으로 이분숫자청취검사를 실시하였다. 첫째, 성인을 대상으로 1-4 digit pair로 자극의 복잡성을 증가시켜 수행능력을 살펴본 결과, 자극 복잡성이 증가할수록 수행능력이 유의하게 감소하였으며 우측 귀 우세(right ear advantage, REA)도 증가하였다. 둘째, 첫 번째 실험과 동일한 대상자에게 3가지의 주의집중방식(Free-recall, Precued-Rt, Precued-Lt)에서 2와 3 digit pair의 조건을 이용하여 수행능력을 살펴본 결과, 주의집중방식에 영향을 덜 받는 것으로 나타났으나 자극의 복잡성을 2-3 digit pair로 증가하였을 때, Free-recall, Precued-Rt, Precued-Lt 방식에서 모두 영향을 받는 것으로 나타났다. 3 digit pair의 경우 REA가 Free-recall과 Precued-Rt에서 보였으나 Precued-Lt에서는 Precued-Lt조건에서 좌측 귀 우세효과 LEA(left ear advantage, LEA)를 보였다. 셋째, 아동과 성인을 대상으로 1과 2 digit pair 이분숫자청취검사를 실시하여 각 연령별 수행능력을 살펴본 결과, 연령이 증가할수록 1과 2 digit pair 모두에서 양측 귀 모두 수행능력이 증가하였다. REA는 연령이 증가할수록 감소하였는데 10세 이전에는 유의미하게 나타났으나 10세 이후에는 유의하게 나타나지 않았다. 본 연구 결과들은 전 연령대의 중추청각처리평가를 위한 효율적인 이분숫자청취검사 자극으로 Free-recall 방식의 2 digit이 적절하다는 것을 지지한다고 할 수 있다.

주제어 : 이분숫자청취검사, 이분청취검사, 중추청각처리, 우측 귀 우세, 자극복잡성, 주의집중방법

* 교신저자(hsjang@hallym.ac.kr)

I. 서 론

이분청취(dichotic listening)는 양 측귀에 동시에 제공되는 서로 다른 음향 자극을 통합(integration)하거나 분리(separation)하는 능력을 말한다. 이런 능력은 좌반구와 우반구의 기능, 반구간의 정보 교환 및 청신경계(auditory nervous system)의 발달과 성숙과 관련이 있다.

Broadbent(1954)가 처음으로 양 측 귀에 동시에 숫자(digits)를 제시하는 방법을 사용한 이후에 Kimura(1961a, 1961b; 1967)가 반구의 비대칭성과 편측 반구에 손상이 있는 경우 이분청취의 영향에 대하여 보고하였으며, Kimura의 논문 이후에 이분청취검사가 활발히 연구되었다. 이분청취에서의 수행능력은 자극종류와 손잡이에 영향을 받고, 좌측 귀에서 보다 우측 귀에서 더 수행력이 좋은 우측 귀 우세(Right Ear Advantage, 이하 REA)를 가진다. REA를 설명하기 위하여 여러 연구에서 이분청취의 모델을 제시하였다. Kimura(1961a)는 초기 연구에서 정상 성인의 경우 경미한 REA를 보이며, REA가 말초청각체계에서 대뇌피질 청각영역(central auditory cortex)에 연결된 경로에 비대칭의 결과로 발생한다고 하였다. 이것은 곧 대측의 경로가 동측의 경로보다 우세하다는 것으로 대측 경로가 동측 경로를 통하여 전달된 정보를 억제시킨다는 것이다. 또한 Kimura(1967)는 우측 귀로부터 들어온 정보는 언어 우세 반구인 좌반구에 곧바로 전달되지만, 좌측 귀로부터 들어온 정보는 언어 우세 반구가 아닌 우반구에 먼저 전달된 다음 뇌량을 거쳐 언어 우세 반구인 좌반구에 전달되기 때문에 REA가 나타난다고 설명하였다. 아동의 경우, 정상적인 성숙과 함께 좌측 귀의 수행력이 향상되는 일관된 결과도 이런 이분청취 모델을 뒷받침 한다(Musiek & Chermak, 2007). 일반적으로 뇌량을 지나는 교련섬유(commisural fiber)는 12 ~ 18세 동안 완전히 수초화(myelinate)되는데 이 시기에 REA가 성인의 값에 도달한다고 알려져 있다(Musiek & Chermak, 2007).

이분청취검사는 사용되는 자극 유형에 따라 다양한 검사로 구분하는데 숫자를 사용하는 이분숫자청취검사(dichotic digit test), 자모음을 사용하는 이분자모음청취검사(dichotic CVs test), 문장을 사용하는 이분문장확인청취검사(dichotic sentence identification test, DSI) (Fifer et al., 1983), 단어를 이용한 Staggered Spondaic Word Test(SSW) (Katz, 1962) 등이 있다. 이분청취검사에 대한 많은 연구들은 자극 길이의 복잡성 및 제시 방법을 달리하여 중추청각처리의 효율적인 평가도구로의 유효성을 검증하고자 하였다(Strouse & Wilson, 2000; Wilson & Jaffe, 1996; Jerger, Oliver & Pirozzolo, 1990b). 이 가운데 이분숫자청취검사는 임상에서 흔히 사용되는 것으로 여러 연구에서 이분숫자청취검사는 미로성 청력손실에 상대적으로 영향을 받지 않고(Musiek, 1983; Speaks, Niccum & Tassel, 1985; Musiek et

al, 1991), 어린 아동과 노인 모두에게서 높은 이해와 신뢰도를 보인다고 하였다 (Struse & Hall, 1995; Humes et al, 1996; Strouse & Wilson, 2000).

영어권에서 이분숫자칭취검사는 7을 제외한 1-10의 숫자(digit)를 사용한다. 흔히 임상에서는 1과 2 digit pair를 이용하고 있는데, 많은 연구들이 1과 2 digit의 임상적인 사용에 대한 제한점을 지적하고 있다(Noffsinger, Martinez & Wilson, 1994; Speaks, Niccum & Tassel, 1985; Strouse & Wilson, 2000). 이분숫자칭취검사를 사용하여 자극길이의 복잡성에 대한 연구를 살펴보면, 1 digit pair는 정상 청력(Noffsinger, Martinez & Wilson, 1994)과 말초청력손실(Speaks, Niccum & Tassel, 1985)을 가진 대상자에서 100%에 근접한 높은 수행능력을 나타내기 때문에 대상자의 반응에 대한 정보를 제공하는데 한계를 가지고 있다고 하며, 2 digit pair를 사용하는 이분숫자칭취검사 또한 너무 쉽다는 제한점을 가지고 있다고 하였다(Strouse & Wilson, 2000). 이에 반하여 Bryden(1963)은 4, 5 digit pair는 회상하는데 기억요인에 너무 많이 의존하기 때문에 임상적으로 유용하지 않다고 보고 하였다. 여러 연구에서 3 digit pair를 사용한 결과에서도 REA가 나타났음을 보고 하며, 3 digit pair의 임상적 유용성에 대하여 연구하였다(Kimura, 1961a; Bryden, 1963). Strouse & Wilson(2000)은 digit pair를 1-3 digit pair로 자극의 길이를 복잡하게 구성하여 연구하였고, Wilson & Jaffe(1996)는 1-4 digit pair를 사용하여 성인과 노인을 대상으로 수행능력을 비교하는 연구를 하였다.

김유경 외(2008)는 한국 성인을 대상으로 한국어 1과 2 digit pair와 영어 1 digit pair를 제시한 후 이분숫자칭취 특징을 살펴보았다. 그 결과, 1 digit pair의 경우 영어와 한국어 점수에서는 유의미한 차이가 없이 높은 점수를 보였다. 한국어의 경우 2 digit pair로 제시할 경우 1 digit pair로 제시할 때보다 유의미하게 낮은 점수를 보였는데 이를 한국어 숫자 쌍의 음소적 유사성, 음절 구조적 특성 등에 의한 것으로 설명하였다. 이는 한국어의 이분숫자칭취검사개발을 위해 고려해야 할 요소로 본 연구에서는 이를 바탕으로 사전 검사를 통해 오류패턴을 분석하여 검사문항을 개발하고자 하였다.

이분칭취검사에서 흔히 사용되는 제시 방법에는 주의집중방식에 따라 Free-recall, Precued, Directed-recall 방식이 있다. 즉, Free-recall(divided attention 또는 focused attention)방식은 양 측 귀에서 들리는 자극을 모두 반응하도록 하는 방법이고, Pre-cued(divided attention with pre-cued attention) 방식은 양 측 귀에서 들리는 자극 중에 미리 지정해준 귀(pre-cued ear)에서 들린 자극을 먼저 반응하도록 하는 방법이다. Directed-recall attention 방식은 양 측 귀에서 들리는 자극 중에 미리 지정해준 귀(pre-cued ear)에서 들린 자극만 반응하도록 하는 방법이다. Jerger, Oliver & Pirozzolo(1990a)은 Free-recall 방식과 Directed-recall attention 방식에서 청각적 요인과 인지적 요인(예 : 기억, 처리속도 등)이 수행능력에 영향을

미친다고 하였다. 일반적으로 Directed-recall attention이 Free-recall 방식에서 보다 점수가 더 좋은데 그 원인을 기억과 관련된 인지적 영역과 주의집중능력이 양 귀에서 동시에 자극이 제시되는 경우 과제를 수행하는 능력이 불충분하기 때문이라고 하였다(Bayles & Kasznick, 1987; Jerger, Oliver & Pirozzolo, 1996b). Chmiel & Jerger(1996)도 Directed-attention과 Free-recall 방식에서 수행력 비교를 함으로써 중추청각처리결과로부터 인지를 구별 지었는데, 청각 처리가 어려운 대상자는 두 가지 방식 모두에서 낮은 점수를 나타내는 반면, 인지적 손실을 가진 대상자는 Free-recall에서 더 낮은 점수를 나타낸다고 하였다.

이분청취검사와 연령에 관한 연구들에서는 대부분 나이가 어린 그룹에서 REA가 더 크게 나타난다고 보고하고 있다. 일반적으로 뇌량이 완전히 수초화되는 시기인 12~18세가 될 때까지 REA의 두드러진 현상이 나타나며 이것은 아동의 정상적인 성숙과 함께 좌측 귀의 점진적인 수행력 향상과 함께 성인의 값에 도달하는 것으로 알려져 있다(Musiek & Chermak, 2007). 2 digit pair를 사용한 연령별 이분숫자청취검사 결과에 따르면 7세에 15%의 수행능력을 보이다가 11세부터 우측과 좌측 귀의 수행능력 모두가 90%이상으로 정상 성인과 유사하게 나타나는 것으로 보고되고 있다(Bellis, 2003). Berlin et al.(1973)은 5~13세 아동에게 이분자모음 청취를 이용한 검사를 실시하여 연령이 증가할수록 채널 용량(channel capacity)도 증가된다는 결과를 제시하였다. 단어를 이용한 Staggered Spondaic Word Test의 정상 데이터에서는 REA가 6세 아동에서 명백하고, 귀간 차이가 11세에 근접하면서 점차 감소되는 것을 나타냈다. Obrzut et al.(1986)은 Free-recall에서는 유의미한 REA가 보이지 않았으나, 좌측 귀에서 들린 것을 요구하였을 때 LEA(Left Ear Advantage)를 보였고, Directed right일 때는 REA를 보였다고한다. 그리고 Obrzut & Pirozzolo.(1981)의 또 다른 연구에서는 Directed left를 포함하는 모든 듣기방식에서 최소의 REA가 계속된다고 보고하였다. 경쟁단어검사(Competing Word Tests)와 경쟁문장검사(Competing Sentence Tests) 검사에서도 유사한 결과가 보고되었다(Keith, 1998).

이분숫자청취검사는 양 측 귀에서 들어오는 서로 다른 정보들을 통합하거나 분리하는 능력을 평가하므로 뇌간(brainstem), 대뇌피질(cortical), 뇌량(corpus callosum)에 관한 메카니즘과 병변에 대한 정보를 제공하는 유용한 중추청각처리장애의 진단 검사 중 한 영역으로 국내에서는 검사 도구가 개발되어 있지 않아서 아직 임상에서 유용하게 사용되지 못하고 있다.

이에 본 연구는 이분청취검사 중 이분숫자청취검사를 자극의 복잡성, 주의집중 방법, 연령에 따라 좌우 귀별 수행능력을 측정함으로써 한국어를 사용한 이분청취검사에 대한 임상적 유용성과 더불어 청각정보처리능력을 살펴보는데 그 목적이 있다.

II. 대상 및 방법

1. 연구 대상

본 연구는 대학교에 재학 중인 정상 청력을 가진 20대의 성인(연령범위 20 ~ 28세; 평균연령 22.2세) 20명(남 10명, 여 10명)과 초등학교에 재학 중인 학령기 아동(연령범위 7 ~ 12세; 평균연령 9.5세) 60명(남 23명, 여 37명)으로 각 연령별 10명씩을 대상으로 하였다. 대상자 선정기준은 중이 병변과 다른 이과적인 병력이 없는 정상청력을 순음청력검사 결과, 양측 귀 모두 250-8000 Hz에서 ≤ 15 dB HL(hearing level)로 각 주파수에서 5 dB 이내의 양이 차이를 보이는 경우로 하였으며, 어음인지도(Word Recognition Score, WRS) 결과가 $\geq 92\%$ 인 대상자로 하였다. 모든 대상자는 오른손잡이였으며, 아동의 경우에는 그림어휘력검사를 이용하여 수용언어 능력이 정상범주에 속하고, 부모 또는 교사의 보고에 의해서 지능, 학습 및 행동에 문제가 없는 아동을 대상으로 하였다.

2. 연구 방법

1) 검사 장비 및 검사 도구

본 연구는 이미턴스(Immittance)와 순음청력검사, 단음절 어음인지도검사 및 이분숫자청취검사(Dichotic Digit Test)를 실시하였다. 대상자에게는 이미턴스 검사를 통해 중이를 평가하였고(Madsen Zodiac Middle Ear Analyzer, Zodiac 901, Version 4.08), 순음청력검사를 통해 양측 귀 모두 250 ~ 8000 Hz에서 ≤ 15 dB HL로 각 주파수에서 5 dB 이내의 양이 차이가 없는지를 확인하였다. 어음인지도는 대상자 모두 92% 이상이었다. 순음청력검사, 어음인지도검사 및 이분청취검사는 방음실(Starkey Equipment Division, CL-14)에서 순음청력검사 기기인 GSI-61(Grason-Standler)을 Sony CD player와 연결하여 TDH-50 헤드폰을 통하여 자극음을 제시하였다.

이분숫자청취검사는 제작하여 사용하였다. 이분숫자청취검사는 대학교에 재학 중인 20대 정상 성인 10명(남 5; 여 5)을 대상으로 1 ~ 10까지의 숫자 조합 총 90개를 사전 검사하여 오류 유형과 오류율을 분석한 결과를 바탕으로 숫자 중 가장 많은 오류를 보인 숫자 2를 제외하고 9개의 숫자만을 사용하였다. 이분숫자청취검사 도구는 4개의 digit 길이(1, 2, 3, 4 digit)와 귀(우측/좌측)에 따라 각 20개 문항씩 총 8개 목록으로 구성하였다. 2 digit과 3 digit 조건의 경우 동일한 목록 내에서 검

사문항의 순서를 달리한 6개의 음원을 사용하였다. Digits 간 간격은(interdigit interval) 500ms, 자극 간 간격은(interstimulus interval) 1-4 digit pair에서 각각 4, 5, 6, 7 sec으로 편집하였다(Strouse & Wilson, 1999).

이분청취검사 도구는 표준어를 사용하는 남성 화자에 의하여 녹음되었고, Adobe Audition 2.0을 사용하여 44100 Hz에서 Stereo 16 bit로 편집하였다. 최종적으로 처리된 어음목록은 소음측정기(Sound Level Meter)를 이용하여 0 VU meter에 고정된 1,000 Hz의 calibration tone과 함께 compact disc에 옮겨졌다.

2) 이분숫자청취검사의 절차 및 방법

한국어를 이용한 이분숫자청취검사의 특성을 알아보기 위하여 세 가지 실험을 실시하였다. 첫 번째 실험은 자극의 복잡성에 따른 이분숫자청취 수행능력을 확인하기 위하여 1-4 digit pair 조건을 20대 피검자에게 50 dB SL로 Free recall 방식으로 제시하였다. 두 번째는 주의집중방식에 따른 영향을 확인하기 위하여 첫 번째 실험과 동일한 20대 피검자를 대상으로 2과 3 digit pair를 이용하여 세 가지 조건 즉, Free recall, Precued-Rt, Precued-Lt 방식에서 검사하였다. Free recall 방식은 양 측 귀에 들리는 것을 모두 따라 말하도록 하는 것이고 Precued-Rt 방식과 Precued-Lt 방식은 양 측 귀에 들리는 것 중에 우측 또는 좌측 귀에서 들리는 것을 먼저 말하도록 하는 방식을 말한다. 세 번째는 연령별 수행능력을 알아보기 위하여 20대 피검자와 만 6~12세 아동피검자에게 두 가지 조건 즉, 1과 2 digit pair 조건에서 50 dB SL로 제시하여 양 측 귀에 들리는 것을 모두 말하도록 하는 Free recall 방식으로 확인하였다.

모든 실험은 방음실에서 시행하였으며, TDH-50 헤드폰으로 양 측 귀에 동시에 서로 다른 자극을 제시하였다. 피검자에게 학습효과를 배제하기 위하여 검사 목록을 무작위로 제시하였으며, 피검자는 자극음을 듣고 따라 말하기로 반응하도록 하였다. 총 검사시간은 약 30분이었으며, 피검자에게 각 검사조건이 끝날 때마다 휴식 시간을 주었다.

3. 자료 분석

통계분석은 SPSS 12.0을 이용하여 분석하였다. 이분숫자청취검사에서 자극의 복잡성, 주의집중방식, 연령별 수행능력을 살펴보기 위하여 .05의 유의수준에서 반복측정 일원분산분석(one-way ANOVA with repeated measures)과 사후분석(Scheffe)을 실시하였다. 각 조건에서 양 귀간 평균차이를 비교하기 위하여 .05 유의수준에서 종속표본 t 검정을 실시하였다.

III. 연구 결과

1. 자극 복잡성에 따른 이분숫자청취능력

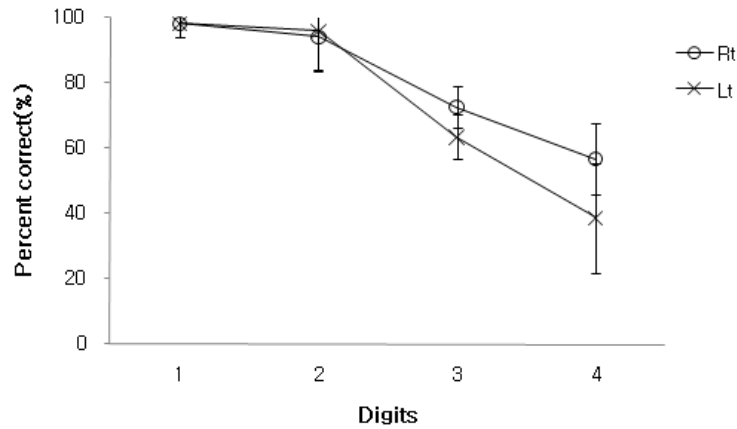
각 자극의 복잡성을 양측 귀에 4개의 실험 조건인 1-4 digit pair를 무작위로 제시하여 이분청취능력을 측정한 결과는 <표 1>, <그림 1>와 같다. 자극의 복잡성을 1-4 digit pair로 증가할수록 우측 귀의 수행능력은 98.25 ~ 56.75%로 감소하였고, 좌측 귀는 98.25 ~ 38.75%로 감소하였으며, REA는 0.00 ~ 18.00%로 증가하였다.

1-4 digit pair로 자극의 복잡성에 따라 감소하는 수행능력의 차이를 알아보기 위하여 반복측정 일원분산분석을 실시한 결과, 1-4 digit pair 간에 유의미한 차이를 보이는 것으로 나타났다. 사후분석을 실시한 결과, 1과 2 digit pair간에 유의미한 차이가 없었으나, 2와 3, 4 digit pair, 3과 4 digit pair 간에는 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 각 자극의 복잡성에 따른 귀 간 수행능력을 종속표본 t검정으로 측정한 결과, <표 1>에서와 같이 4 digit pair에서만 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다.

<표 1> 자극의 복잡성에 따른 이분숫자청취 점수(%)의 기술통계 및 통계분석

	자극 복잡성				F
	1 digit n=20	2 digit n=20	3 digit n=20	4 digit n=20	
Rt	98.25±4.06 ^a	94.25±10.04 ^a	72.75±6.34 ^b	56.75 ±10.82 ^c	29.143 ^{***}
Lt	98.25±4.06 ^a	96.00±12.23 ^a	63.50±6.81 ^b	38.75±16.79 ^c	51.637 ^{***}
Total	98.25±4.06 ^a	95.12±11.23 ^a	68.12±6.51 ^b	64.75±12.79 ^c	75.003 ^{***}
REA	<i>0.00</i> ±3.62	<i>-1.75</i> ±6.34	<i>9.25</i> ±21.78	<i>18.00</i> ±31.84	
t	.000	-1.234	1.899	2.528 [*]	

*p<.05, **p<.01, ***p<.001
서로 다른 알파벳 a, b, c는 p<.05 수준에서 집단 간 차이가 있음을 나타냄



<그림 1> 자극의 복잡성과 귀에 따른 수행능력

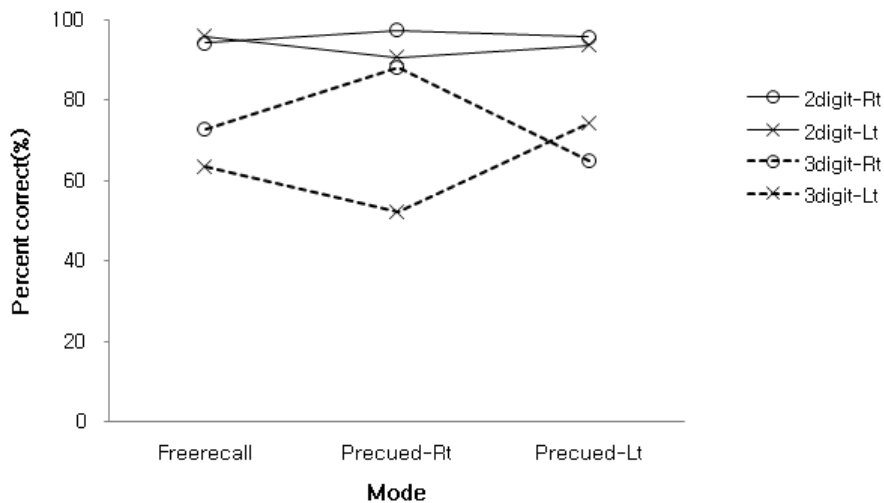
2. 주의집중방식에 따른 이분숫자청취능력

주의집중방식에 따른 이분숫자청취의 수행능력을 3개의 주의집중방식인 Free-recall, Precued-Rt, Precued-Lt에서 2와 3 digit pair를 이용하여 무작위로 제시하여 수행능력을 측정한 결과는 <표 2>, <그림 2>과 같다. 자극의 복잡성을 2-3 digit pair로 증가하였을 때, 모든 주의집중방식에서 수행능력이 유의미하게 감소하였다($p < 0.01$). REA는 2-3 digit pair로 증가 하였을 때, Free-recall과 Precued-Rt에서는 증가하였으나, Precued-Lt에서는 2.00 ~ 9.50%로 감소하였다. 각 digit에서 주의집중방식에 따른 수행능력을 알아보기 위하여 반복측정 일원분산분석을 실시한 결과, 2와 3 digit pair 조건 모두 유의한 차이를 보이지 않았다($p > .05$). 각 주의집중방식에 따른 귀간 수행능력을 종속표본 t검정으로 측정한 결과, 2 digit pair의 Precued-Rt 조건에서 유의한 차이를 보였고 3 digit pair의 Precued-Rt과 Precued-Lt 조건에서 유의미한 차이가 나타내었다.

<표 2> 주의집중방식에 따른 이분숫자청취 점수(%)의 기술통계 및 통계분석

	2 digit				3 digit			
	Free -recall	Precued -Rt	Precued -Lt	F	Free recall	Precued -Rt	Precued -Lt	F
	n=20	n=20	n=20		n=20	n=20	n=20	
Rt	94.25 ±10.04	97.50 ±3.80	95.75 ±5.68	2.316	72.75 ^b ±6.34	88.25 ^a ±5.91	65.00 ^b ±12.67	8.78 ^{***}
Lt	96.00 ±12.23	90.75 ±7.99	93.75 ±18.53	2.009	63.50 ±6.81	52.25 ±7.23	74.50 ±12.87	4.878
Total	95.12 ±9.36	94.12 ±12.10	94.75 ±19.14	2.007	65.60 ±14.90	70.25 ±13.98	69.25 ±18.06	1.093
REA	-1.75 6.34	6.75 9.07	2.00 9.92		9.25 21.78	36.00 22.16	-9.50 18.41	
t	-1.234	3.327 ^{**}	.902		1.485	7.265 ^{***}	-2.30 [*]	

*p<.05, **p<.01, ***p<.001
 서로 다른 알파벳 a, b, c는 p<.05 수준에서 집단 간 차이가 있음을 나타냄



<그림 2> 주의집중방식에 따른 수행능력

3. 연령에 따른 이분숫자칭취능력

각 연령에서 1과 2 digit pair를 무작위로 제시하여 연령별 이분숫자칭취 수행 능력을 측정한 결과는 <표 3>, <그림 3>과 같다. 연령이 7 ~ 12세로 증가할수록 1 digit pair에서 우측 귀의 수행능력은 92 ~ 99.5%로 증가하였고, 좌측 귀의 수행능력은 83 ~ 97.5%로 증가하였다. 2 digit pair에서는 우측 귀의 수행능력이 67 ~ 94.25%로 증가하였고, 좌측 귀의 수행능력이 53 ~ 91.5%로 증가하였다. REA는 연령이 7세 ~ 20대로 증가할수록 1 digit pair에서 9 ~ 0%로 수행능력이 감소하였는데 9세 이후부터는 비슷한 수행능력을 나타냈고, 2 digit pair는 14 ~ 1.75%로 수행능력이 감소하였다.

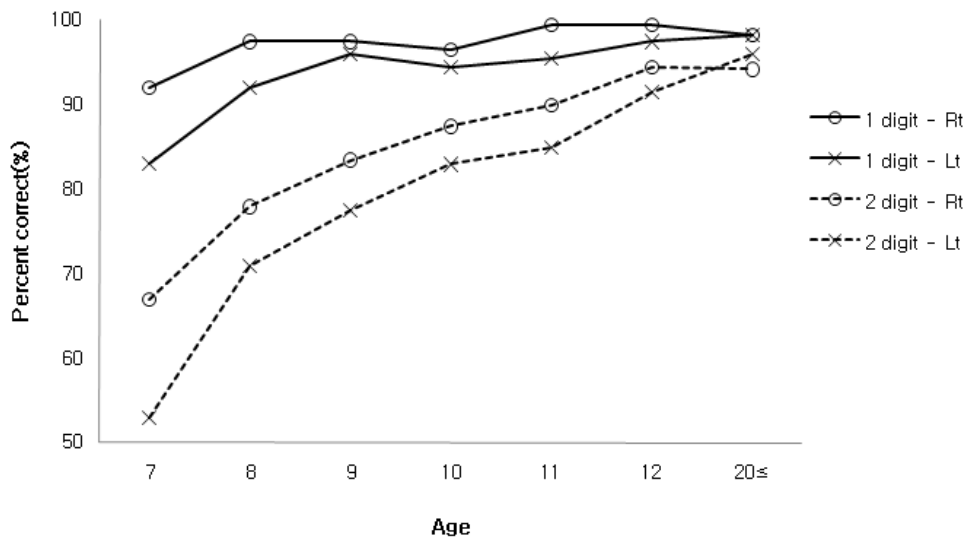
1과 2 digit pair에서 연령에 따른 수행능력을 알아보기 위하여 반복측정 일원 분산분석을 실시한 결과, 두 digit 조건에서 모두 연령 간 유의미한 차이를 보였다. 연령에 따른 수행능력을 사후 검정을 실시하여 분석하였을 때, 1 digit pair에서 7세는 10세 이상부터 유의한 차이를 보였으며, 8세는 12세와 20대 성인과 유의한 차이를 나타내었다. 9세부터 20대의 평균점수에서 유의한 차이를 보이지 않았다. 2 digit pair에서 7세는 8세 ~ 20대와 모두 유의미한 차이를 보였고, 8세는 11세 이상부터 유의한 차이를 보였으며, 9세부터 12세까지는 유의한 차이를 보이지 않았다. 20대의 평균점수는 다른 연령과 유의한 차이를 나타내었다. 각 연령에 따른 귀간 수행능력을 종속표본 t검정으로 측정한 결과, 1과 2 digit pair에서 모두 7, 8, 9세는 유의미한 차이를 나타냈고, 10, 11, 12세는 유의미한 차이를 나타내지 않았다.

<표 3> 연령에 따른 이분숫자칭취 점수(%)의 기술통계 & 통계분석

Digit	자극 귀	연령에 따른 이분숫자칭취 점수(%)							F
		7세 n=10	8세 n=10	9세 n=10	10세 n=10	11세 n=10	12세 n=10	성인 n=20	
1	Rt	92 ^a ±8.23	97.5 ^a ±4.25	97.5 ^a ±3.54	96.5 ^a ±5.3	99.5 ^b ±1.58	99.5 ^b ±1.58	98.2 ^b ±4.06	3.507***
	Lt	83 ^a ±12.29	92 ^{ab} ±4.22	96 ^b ±4.59	94.5 ^b ±8.32	95.5 ^b ±5.5	97.5 ^b ±4.25	98.2 ^b ±4.06	
1	Total	87.5 ^a ±15.99	94.75 ^{ab} ±7.07	96.75 ^{abc} ±5.68	95.5 ^{bc} ±8.88	97.5 ^{bc} ±5.77	98.5 ^c ±4.25	98.2 ^c ±9.36	9.082***
	REA	9 ±14.68	5.5 ±4.21	1.5 ±6.58	2 ±8.96	4 ±9.12	2 ±6.74	0 ±6.34	
t		2.946*	3.498**	5.468***	.739	2.228	1.809	.000	

	Rt	67 ^a	78 ^a	83.5 ^{bc}	87.5 ^{bc}	90 ^{bc}	94.5 ^c	94.2 ^c	16.09 ^{***}
		±15.49	±8.23	±7.09	±7.91	±6.67	±4.97	±6.34	
	Lt	53 ^a	71 ^b	77.5 ^b	83 ^{bc}	85 ^{cd}	91.5 ^{cd}	96.0 ^d	17.74 ^{***}
		±24.86	±9.92	±7.55	±13.3	±10.54	±4.74	±6.8	
2	Total	60 ^a	74.5 ^b	80.5 ^{bc}	85 ^{bcd}	87 ^{cd}	93 ^{cd}	95.1 ^e	25.96 ^{***}
		±25.41	±16.34	±9.73	±17.3	±14.3	±8.76	±14.9	
	REA	14	7	6	4.5	5	3	-1.75	
		±9.66	±4.97	±5.29	±8.56	±5.67	±3.49	±3.62	
	<i>t</i>	3.015 [*]	5.250 ^{***}	2.882 [*]	1.588	1.732	1.406	.000	

*p<.05, **p<.01, ***p<.001
 서로 다른 알파벳 a, b, c는 p<.05 수준에서 집단 간 차이가 있음을 나타냄



<그림 3> 연령에 따른 수행능력

IV. 고찰 및 결론

중추청각처리장애(central auditory processing disorder, CAPD)는 정상적인 말초청각체계를 가지고 있음에도 불구하고 중추청각신경계에서 청각정보의 지각적 처리에 어려움을 보이므로 소리에 대한 비정상적인 행동특성을 보이는 경우를 말한다. 특히, 듣기, 언어이해 및 발달, 학습 등에 영향을 미치므로 학령기 아동의 경우 심각한 결과를 초래할 수 있다. 그러므로 가능한 조기에 판별하여 적절한 재활을 제공하므로 장애에 따르는 영향을 최소화하고 그들의 잠재력을 개발하도록 도와주어야 한다. 최근 국내에서도 중추청각처리장애 진단 및 재활의 중요성이 대두됨에 따라 중추청각처리장애에 대한 관심과 연구가 증가하고 있지만(김유경 외, 2008; 석동일, 2004; 유수연, 장현숙, 2007; 장현숙 외, 2008; 정중우, 안중호, 2005; 한명월 외, 2008) 한국어 및 한국인의 특성을 고려한 평가도구개발의 부재 및 연령별 기준이 없어 임상현장에 적용되지 못하고 있는 실정이다.

CAPD의 진단은 뇌간에서 대뇌청각피질과 반구간 연결섬유에 이르기까지 중추청각신경계의 전반을 측정할 수 있는 다양한 행동특성평가들을 통하여 가능한데 이를 위하여 어느 한 가지 평가도구만이 아니라 최소한 다섯 가지 검사영역들, 즉 청각변별(auditory discrimination), 청각정보의 시간적처리검사(temporal processing tests), 이분청취검사(dichotic tests), 편이저잉여성검사(monaural low-redundancy tests) 및 양이상호작용검사(binaural interaction tests)가 포함되어야 한다(ASHA, 2005). 이 중 이분청취검사는 좌반구와 우반구의 기능, 반구간의 정보 교환 및 청신경계의 발달과 성숙 및 손상확인을 가능케 한다. 많은 연구들이 자극 길이의 복잡성 및 주의집중방법을 달리하여 중추청각처리의 효율적인 평가도구로써 이분청취검사의 유용성을 검증하고자 하였다(김유경 외, 2008; Strouse & Wilson, 1999; Wilson & Jaffe, 1996; Jerger, Oliver & Pirozzolo, 1990b). 본 연구에서는 검사자극으로 단어를 사용하는 것보다 언어적 의존도가 낮아 아동과 성인 모두에게 적용하기에 용이한 한국어 이분숫자청취검사를 사용하여 자극의 복잡성과 주의집중방법 및 연령에 따른 수행능력을 비교하므로 이 검사의 임상적 적용가능성을 모색하고자 하였다.

이분숫자청취검사에서의 수행능력은 digit 수에 따른 자극의 복잡성에 영향을 받는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 한국어를 사용하여 자극의 복잡성에 따른 이분숫자청취의 수행능력을 20대 정상 성인을 대상으로 1-4 digit pair로 digit 수를 증가시켜 평가하였다. digit 수가 증가할수록 이분숫자청취능력이 낮아졌는데 1과 2 digit pair의 수행능력에는 큰 차이가 없었다. 즉, 1과 2 digit pair의 경우 자극의 난이도가 성인에게 너무 쉬운 것으로 나타나 대상자의 반응에 대한 정보 제공에 한계를 가질 수 있음을 알 수 있다(Noffsinger et al, 1994; Strouse & Wilson,

1999; Wilson & Jaffe, 1996). 그러나 2-3 digit pair로 난이도가 높아졌을 때, 우측 귀의 수행력이 94.25%에서 72.75%로 감소하였으며, 4 digit pair에서는 57%로 크게 떨어졌다. 4 digit pair의 경우, 기억 요인과 관련되어 더 낮은 수행력을 보였을 것으로 사료된다. Wilson & Jaffe(1996)는 정상성인과 노인그룹을 대상으로 1-4 digit pair를 검사한 결과에서 4 digit pair의 수행능력은 기억과 관련된 요인에 영향을 받으며 모든 피검자 그룹에서 4 digit pair를 어려워하였고 듣기 불쾌해하였다고 보고하면서 4 digit pair의 임상적 이용에 대한 제한점을 지적했다. Bryden(1963)은 5 digit pair까지 포함시켜 자극의 복잡성에 관한 연구를 통하여 5 digit pair는 정보를 회상하는데 있어서 기억에 대한 영향을 많이 받기 때문에 임상적으로 유용하지 않다고 보고하였다. Kimura(1961a)는 3 digit pair에서도 REA가 나타났음을 강조하며, 3 digit pair의 임상적 유용성을 언급하였는데 본 연구에서도 3 digit 점수에서 우측 귀가 9점정도 더 높은 점수를 보였지만 통계적으로는 유의하진 않았다. Strouse & Wilson(1999) 연구에서는 1 digit pair는 3과 4 digit pair에 비하여 우측 귀의 영향(right-ear effect)을 조금 받고, 3과 4 digit pair는 우측 귀의 영향을 많이 받아(right-ear effect) 귀 간의 차이가 증가한다고 한다고 하였다(Kimura, 1961; Bartz, 1968).

본 연구의 결과는 Wilson & Jaffe(1996)가 자극의 복잡성이 1-4 digit pair로 증가 할수록 수행능력이 감소하며, 이러한 수행능력의 감소가 우측 귀에서 보다 좌측 귀에서 더 크게 나타났다고 보고한 연구 결과와 유사하다. 그러나 한국어를 사용하여 연구한 본 연구 결과가 Wilson & Jaffe(1996)의 연구에 비하여 3 digit pair와 4 digit pair에서 더 낮은 수행능력을 나타냈다. 이런 차이를 보이는 이유는 김유경 외(2008)의 연구에서와 같이 영어 숫자 자극과 한국어에 의한 숫자 자극의 음절 구조적 차이에 인한 것으로 사료된다. 김유경 외(2008)에 따르면 실제 영어 숫자 자극은 우리말 숫자 자극에 비하여 다양한 자모음으로 구성되어 있으며 보다 다양한 음절 구조를 가지고 있는 반면 우리말 숫자는 모두 동일한 음절수로 구성되어 있고, 음절 구조와 자, 모음의 자극 구성 성분이 유사(예: 일-이, 삼-사 등)하기 때문에 지각적으로 차이를 인지하기가 어렵다고 하였다.

국내 이분숫자칭취검사 연구(김유경 외, 2008)에서는 1과 2 digit pair의 수행능력 간에 유의미한 차이가 있었다고 보고 하였는데, 1 digit의 수행능력은 우측 귀가 91.58%, 좌측 귀가 91.56%로 나타났고, 2 digit의 수행능력은 우측 귀에서 76.96%, 좌측 귀에서 78.58%로 나타나서 본 연구의 결과 보다 낮은 수행능력을 나타내었다. 수행능력에서 차이를 보이는 이유 중의 하나는 검사에 사용된 숫자의 구성이 달랐기 때문으로 여겨진다. 김유경 외(2008)의 논문에서는 1 ~ 10까지의 숫자 중 10을 제외하고 나머지 9개의 숫자를 이용하여 검사 목록을 구성하였으나, 본 연구에서는 예비검사로써 10명의 대상자에게 1과 2 digit pair로 이루어진 가능한

모든 숫자 쌍을 검사하여 자극의 유사성으로 인한 혼동 오류를 가장 많이 보이는 숫자 2를 제외한 자극 제시 쌍의 항목으로 검사목록을 구성하였다.

이분숫자청취검사에서의 수행능력은 주의집중방식에 영향을 덜 받는 것으로 나타났다으나 자극의 복잡성을 2-3 digit pair로 증가하였을 때, Free-recall, Precued-Rt, Precued-Lt 방식에서 모두 영향을 받는 것으로 나타났다. 특히 Precued-Lt 방식에서 가장 큰 감소를 보였는데, 이것은 양 측에서 들은 것을 보고 할 때 좌측에서 들린 것을 먼저 보고해야 하는데 우측에서 들은 것을 먼저 보고하거나, 우측과 좌측에서 들린 것을 섞어서 보고하는 등의 오류가 많았기 때문으로 여겨진다. 이것은 우측 귀의 정보가 좌측 귀의 정보를 먼저 보고하는 것을 방해한 것으로 Kimura(1967)가 보고한 대측 귀의 정보가 동측 귀의 정보를 억제하는 이분청취 모델(dichotic listening model)을 뒷받침하는 결과로 REA를 나타내는 것으로 사료된다. 본 연구에서 Precued-Lt 방식에서 우측 귀와 좌측 귀의 차이가 -9.50%로 좌측 귀의 수행력이 더 높게 나타났는데 선행 연구에 의하면 좌측이 Precued일 때, REA가 사라지는 사례는 정상집단에서도 흔하게 나타나지만 정상집단에서 LEA가 나타나는 사례는 찾아 볼 수 없다고 하였다(Hugdahl & Andersson, 1986). 따라서 본 연구의 결과가 비정상적인 LEA를 의미한다고 보기는 어렵다고 사료된다.

본 연구에서는 양 측 귀에서 제시되는 숫자를 듣고 어느 한 쪽 귀에서 들리는 숫자를 먼저 보고하도록 하는 Precued-Rt & Lt 방법을 사용하였는데 본 연구와 동일한 방법을 이용한 SCAN(Keith, 2000)에서의 우측이 Precued일 때가 좌측이 Precued일 때 보다 큰 REA를 가진다는 연구 결과는 REA가 2 digit pair의 Precued-Rt에서 6.75%이고 Precued-Lt에서 2.00%, 3 digit pair의 Precued-Rt에서 36.00%, Precued-Lt에서 9.50%를 나타내는 본 연구와 동일한 결과를 나타내었다.

연령별 이분숫자청취검사의 수행능력을 살펴본 결과, 1과 2 digit pair 조건 모두연령이 7 ~ 12세로 증가할수록 수행능력은 향상되었으며 REA는 감소하는 경향을 보였다. 1 digit pair 조건에서는 9세 정도면 성인의 수행과 동일한 청취능력을 보인 반면 2 digit pair 조건에서는 10세정도가 되어야 12세의 수행능력을 보이거나 12세에도 성인의 능력과 유의한 차이를 보이는 것을 알 수 있었다. Musiek & Chermak(2007)은 일반적으로 뇌량은 12 ~ 18세 동안 완전히 수초화되는데, 이 시기에 REA가 정상 성인의 값에 도달한다고 보고하였고, 이 결과는 연령 증가에 따른 REA의 감소가 뇌량 성숙의 진행을 시사하는 것이라고 사료된다. 또한 Berlin et al.(1973)도 아동의 연령이 증가할수록 채널 용량(channel capacity)이 증가되는 결과를 제시하였는데 이러한 아동의 정상적인 성숙과 함께 좌측 귀 수행능력이 향상되는 일관된 결과는 이분청취 모델을 뒷받침한다고 할 수 있다(Musiek & Chermak, 2007).

영어권의 이분숫자청취검사 중에 2 digit pair를 위한 연령별 정상 기준에 따르면(Bellis, 2003), 12세 이상은 성인과 같이 양 측 귀 모두 90% 이상의 수행능력을 보이는 것으로 나타났다. 또한, REA가 처음 7세에는 15%였으나, 11세에서는 2%로 감소하였으며, REA가 11세까지 나타났다고 보고하였다. 본 연구에서는 12세와 20대의 평균점수간 유의미한 차이를 나타냈지만 우측과 좌측 귀의 수행능력 모두가 93%이상으로 20대 성인과 유사하게 높은 점수를 보였다. REA는 연령이 증가할수록 감소하였는데 10세 이전에는 유의하였으나 10세 이후에는 유의하게 나타나지 않았다. Obrzut & Pirozzolo(1981)는 directed left를 포함하는 모든 주의집중방식에서 최소의 REA가 계속된다는 것을 보고하기도 하였다.

이 연구는 이분청취검사 중 이분숫자청취검사를 자극의 복잡성, 주의집중방법, 연령에 따라 좌우 귀별 수행능력을 측정함으로써 한국어를 사용한 이분청취검사에 대한 임상적 적용범위 및 청각정보처리능력을 살펴보고자 하였다. 이분숫자청취검사는 전 연령에 걸쳐 사용하기에 적절한 자극의 복잡성을 가지고 있어야 하므로 청각중추신경계의 완전한 발달이 이루어진 성인들의 이분청취능력을 기준으로 발달상에 있는 아동들의 능력을 고려해서 개발할 필요가 있다. 한국어 이분숫자청취를 이용한 본 연구 결과는 비록 성인이 2 digit pair에서 90% 이상의 천정효과(ceiling effect)를 보이지만 3 digit pair의 경우 우측 귀가 72%를 나타내고 있고, 아동들의 경우 2 digit pair의 결과도 높지 않으며 주의집중방식에 덜 영향을 받으므로 2 digit을 사용하는 것이 타당할 것으로 사료된다.

참고문헌

- 김유경, 최양규, 박현, 석동일.(2008). 정상 성인의 이분숫자청취의 특징. **특수교육저널: 이론과 실천**, 9(2), 45-60.
- 석동일.(2004). 중추성 청각정보처리장애의 특성 고찰. **특수교육저널: 이론과 실천**, 5(2), 45-70.
- 유수연, 장현숙. (2007) 한국어 유의미 CVC 일음절 단어의 주파수 여파에 따른 재인도. **한국청각언어재활학회 학술대회 논문집**, 10(1), 93-97.
- 장현숙, 이지연, 유수연. (2008). 노화가 주파수 패턴 인지에 미치는 영향. **청능재활**, 4(1), 11-15.
- 정종우, 안중호.(2005). 중추청각처리장애. *Korean Journal of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery*, 48(6), 696-700.
- 한명월, 안중호, 정종우.(2008). 한국인에서의 중추청각처리장애 진단을 위한 검사 도구의 적용과 나이에 따른 정상 범위. *Korean Journal of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery*, 51, 694-698.

- Bartz, W. H. (1968). Serial position effects in dichotic listening. *Percept Mot Skills*, 27, 1014.
- Bellis, T. (2003). *Assessment and management of central auditory processing disorders in the educational setting: From science to practice (2nd ed)*, Clifton Park, NY: Delmar Learning.
- Berlin, C., Lowe-Bell, S., Cullen, J., Thompson, C., & Loovis, C. (1973). Dichotic speech perception: An interpretation of right ear advantage and temporal offset effects. *Journal of the Acoustical Society of America*, 53, 699-709.
- Broadbent, D. (1954). The role of auditory localization in attention and memory span. *Journal of Experimental Psychology*, 47, 191-196.
- Chmiel, R., & Jerger, J. (1996). Hearing aid use, central auditory disorder, and hearing handicap in elderly persons. *Journal of American Academy Audiology*, 17, 190-202.
- Fifer, R., Jerger, J., Berlin, C., Tobey, E., & Campbell, J. (1983). Development of a dichotic sentence identification test for hearing-impaired adults. *Ear and Hearing*, 4, 300-305.
- Hugdahl, K., & Andersson, L. (1986). The "forced attention paradigm" in dichotic listening to CV-syllables: A comparison between adults and children. *Cortex*, 22, 417-432.
- Humes, L. E., & Coughlin, M., Talley, L. (1996). Evaluation of the use of a new compact disc for auditory perceptual assessment in the elderly. *Journal of American Academy Audiology*, 7, 419-427.
- Hynd, G., Cohen, & M., Obrzut, J. (1983). Dichotic consonant-vowel testing in the diagnosis of learning disabilities in children. *Ear and Hearing*, 4, 283-286.
- Jancke, J. C. (1968). Presentation rate and the serial-position effect of immediate serial recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 7, 608-612.
- Jancke, L., & Steinmetz, H. (1994). Interhemispheric transfer time and corpus callosum size. *NeuroReport*, 5, 2385-2388.
- Jerger, J., & Martin, J. (in press). Dichotic listening tests in the assessment of auditory processing disorders. *Audiological Medicine*.
- Jerger, J. Mahurin, R., & Pirozzolo F. (1990a). The separability of central auditory and cognitive deficits: implications for the elderly. *Journal of American Academy Audiology*, 1, 116-119.
- Jerger, J., Oliver, T., & Pirozzolo, F. (1990b). Impact of central auditory processing disorder and cognitive deficit on the self-assessment of hearing handicap in the elderly. *Journal of American Academy Audiology*, 1, 75-80.
- Keith, R. W. (1998). Development of SCAN-A: test of auditory processing disorders in adolescents and adults. *Journal of American Academy Audiology*, 9, 311.
- Keith, R. W. (2000). Development and standardization of SCAN-C: Test for auditory processing disorders in children-revised. *Journal of American Academy Audiology*, 11, 438-445.
- Kimura, D. (1961a). Some effects of temporal lobe damage on auditory perception. *Canadian Journal of Psychology*, 15, 156-165.

- Kimura, D. (1961b). Cerebral dominance and the perception of verbal stimuli. *Canadian Journal of Psychology*, 15, 166-171.
- Kimura, D. (1967). Functional asymmetry of the brain in dichotic listening. *Cortex*, 22, 163-178.
- Musiek, F. E. (1983). Assessment of central auditory dysfunction: the dichotic digit test revisited. *Ear and Hearing*, 4, 79-83.
- Musiek, F. E. & Chermak, G. D. (2007). *Handbook of (central) auditory processing disorder. Volume I. Auditory neuroscience and diagnosis*, Washington, DC: Plural Publishing.
- Musiek, F. E., Gollegly, K. M., Kibbe, K. S., & Verkest-Lenz, S. B. (1991). Proposed screening test for central auditory disorders: Follow-up on the dichotic digits test. *The American Journal of Otology*, 12(2), 109-113.
- Niccum, N., Rubens, A., & Speaks, C. (1981). Effects of stimulus material on the dichotic listening performance of aphasic patients. *Journal of Speech and Hearing Research*, 24, 526-534.
- Noffsinger, D., Martinez, C. D., & Wilson, R. H. (1994). Dichotic listening to speech. Background and preliminary data for digits, sentences, and nonsense syllables. *Journal of American Academy Audiology*, 5, 248-254.
- Obrzut, J. G., & Pirozzolo, F. (1981). Effects of directed attention on cerebral asymmetry in normal and learning disabled children. *Developmental Psychology*, 17, 118-125.
- Speaks, C., Niccum, N., & Van Tassel, D. (1985). Effects of stimulus material on the dichotic listening performance of patients with sensory neural hearing loss. *Journal of the Acoustical Society of America*, 53, 699-709.
- Strouse, A. L., & Hall, J. W. H. (1995). Test-retest reliability of a dichotic digits test for assessing central auditory function in Alzheimer's disease. *Audiology*, 34, 85-90.
- Strouse, A. & Wilson, R. H. (1999a). Recognition of one-, two-, and three-pair dichotic digits under free and directed recall. *Journal of American Academy Audiology*, 10, 557-571.
- Strouse, A., & Wilson, R. H. (1999b). Stimulus length uncertainty with dichotic digit recognition. *Journal of American Academy Audiology*, 10, 219-229.
- Strouse, A. C., & Wilson, R. H. (2000). The effect of filtering and interdigit interval on the recognition of dichotic digits. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 37, 599-606.
- Wilson, R. H., & Jaffe, M. S. (1996). Interactions of age, ear, and stimulus complexity on dichotic digit recognition. *Journal of American Academy Audiology*, 7, 358-364.

Effects of Stimulus Complexity, Attention Mode & Age on Dichotic Digit Tests

Jeon, A-Reum

Cochlear Korea, Hallym University

Jang, Hyun-Sook

Hallym University

<Abstract>

The purpose of this study aimed to investigate auditory processing abilities in the adults and school-aged children by measuring effects of stimulus complexity, attention mode, and age on the dichotic listening tests. Korean digits (1-10, except 2) spoken by a male speaker were used in dichotic listening paradigms. Dichotic digit tests were conducted in a hierarchical set of dichotic digits (one-, two-, three-, or four-digit pairs) and attention modes (Free-recall, Precued-Rt or Precued-Lt). Twenty adults (aged 20-28 years) and sixty school-aged children (aged 7-12 years) participated in this study.

The results of this study were summarized as follows; First, recognition performance decreased as the complexity of the dichotic digit tests increased. There were no significant recognition differences between one- and two-digit conditions. However, recognition performance decreased significantly with increased from three to four pairs. Recognition performance showed larger for the right ear than for the left ear. Second, there were no significant differences among the three attention modes. The REAs in all attention modes were obtained except for the Precued-Lt condition with three-digit pairs. Third, as the age increased from 7 to 12 years, recognition performance increased significantly from 67.00% to 94.25% for the right ear and from 53.00% to 91.50% for the left ear in the two-digit pair conditions. The REA decreased with age. There was no significant REA at the age of 10 years in the two-digit pair conditions and recognition performance approached the adult level at the age of 12 years.

Dichotic listening tests are one of the most sensitive batteries for the evaluation of central auditory mechanism and processing. This study examined parameters of dichotic listening tests and the results suggest that the dichotic listening tests can be usefully applied for the evaluation of central auditory processing in the Korean school-aged and adult populations.

Key Words

: dichotic digit tests, stimulus complexity, attention mode, central auditory processing, right ear advantage

