

인공와우 또는 보청기를 착용한 학령기 청각장애 아동의 작업 기억 능력 연구

장재진*

황혜경 보청기 청각언어센터 언어재활사

장선아**

서울대학교병원 이비인후과학교실 연구원

《 요약 》

본 연구는 말지각, 인지 및 언어 능력을 일치시켰을 때도 청각장애 유무와 보장구의 종류에 따른 작업 기억 능력에 차이가 있는지, 또한 말지각, 인지, 언어 능력과 작업 기억 능력 간에는 어떠한 상관이 있는지 살펴보았다. 이를 위해서 8~10세(언어 연령 9세)의 건청, 인공와우 및 보청기 아동 각 15명을 대상으로, 4 가지 작업 기억 과제(음운회로 기능과 관련된 숫자 따라말하기와 비문장 따라말하기, 중앙집행기 기능과 관련된 숫자 거꾸로 따라말하기와 읽기폭)의 수행력을 비교해 보았다. 연구 결과, 첫째, 말지각, 인지 및 언어 능력을 일치시켰음에도 청각장애 아동은 건청 아동에 비해 낮은 작업 기억 과제 수행력을 보였다. 둘째, 인공와우 아동과 보청기 아동 간에는 비문장 따라말하기에서만 인공와우 아동이 보청기 아동보다 통계적으로 유의미한 수준의 높은 수행력을 보였고, 나머지 작업 기억 과제에서는 두 집단 간에 유의미한 차이가 없었다. 셋째, 작업 기억 과제 간 상관관계는 전반적으로 약하게 나타났으며, 대상 아동 집단별로 변인 간 상관의 분포 양상이 달랐다. 청각장애 아동은 보장구에 상관없이 건청 아동에 비해 유의미하게 낮은 작업 기억 수행력을 보였으며, 인공와우 아동은 보청기 아동보다 비문장 따라말하기에서 유의미하게 높은 수행력을 보인 것을 비롯해서 4가지 과제 모두 높은 수행력을 보였다.

주제어 : 청각장애, 작업 기억, 인공와우, 보청기

* 제 1저자

** 교신저자 (parfum0@hanmail.net)

1. 서론

1. 연구의 목적 및 필요성

청력 손실이나 난청을 조기에 진단하고 증재함으로써, 청각장애 아동이 건청 아동과 유사한 속도로 언어 및 인지 발달을 이룰 수 있으며 건청 아동들과 다름없는 일반 교육을 받을 수 있다고 알려져 있다(Yoshinaga-Itano & Apuzzo, 1998; Hayes, Geers, Treiman, & Moog, 2009; Tomblin, Barker, Spencer, Zhang & Gantz, 2005; Connor, Craig, Raudenbush, Heavner & Zwolan, 2006). 그러나 청각장애 아동의 언어 능력 발달에는 큰 개인차가 존재하며(Geers, 2003; Connor, Craig, Raudenbush, Heavner & Zwolan, 2006; Geers, Treiman & Moog, 2009), 언어 발달이 일반 또래와 유사하게 이루어지는 경우에도 여러 가지 상위 언어 기술이나 사회성 및 학업에 지속적으로 문제를 보이는 경우가 종종 관찰된다(LaSasso & Mobby, 1998; Tobey, Geers, Sundarrajan & Lane, 2011; Geers, Mitchell, Warner-Czyz, Wang & Eisenberg, 2017). 선천성 내이 기형이나 다른 발달 저하 문제가 없는 청각장애 아동에게서 나타나는 언어 발달 문제와 관련하여 주요하게 대두되는 요인 중에 작업 기억이 있다.

작업 기억은 인간의 목적 지향적인 행동의 하나인 언어 능력과 밀접한 관계가 있다고 알려져 왔다(Gathercole & Baddeley, 1990, 1993; 황지수, 최성목, 2015). 또한 작업 기억은 어휘 습득(Gathercole & Baddeley, 1993), 문법 형태소 습득(Weismer, Evans & Hesketh, 1996), 문장 이해(Montgomery, 2000) 등과 유의한 정적 상관관계가 있는 것으로 알려져 왔으며, 여러 연구에서 낮은 작업 기억 수행력과 언어장애 아동의 언어 결함과의 관련성을 보고하였다(Gathercole & Baddeley, 1990; Montgomery, 1995; Swanson & Berninger, 1996; 김성수, 2004). 또한, 작업 기억은 읽기, 쓰기 학습과 같은 고차원적인 인지 능력과 높은 상관관계가 있다는 연구 결과도 있다(Baddeley, 1992, 2003; Gathercole & Baddeley, 1993).

Baddeley(2000)는 작업 기억을 크게 둘로 나누어 설명하였는데, 입력된 정보를 할당 및 조작하는 용량 조절 체계인 중앙집행 기제(central executive mechanism)와 정보의 저장과 처리를 담당하는 보조 체계(subsidiary system)가 그것이다. 중앙집행 기제의 통제를 받는 보조 체계는 언어적 정보를 일시적으로 저장하여 처리하는 음운회로(phonological loop), 시간 및 공간적 정보를 담당하는 시공간잡기장(visuo-spatial sketchpad), 정보의 시간적 순서를 연결하여 의미 이해 및 장기기억에 도움을 주는 일화적 완충기(episodic buffer)로 나누었다. 이중 입력된 말소리 정보를 언어적으로 처리하는 음운회로가 언어 습득에 중요한 역할을 하는 것으로

알려져 있다(Baddeley, 1992).

청각장애는 소리의 입력을 담당하는 말초 청각 기관의 손상으로 인해 뇌의 청각 중추에 소리 정보가 도달하지 못하여 듣기 자극이 전달되지 않았거나 청각적 신호의 처리 능력이 저하되는 장애이다. 이로 인해 언어 및 인지 능력의 발달까지 영향을 받을 수 있으며(Conway, Karpicke & Pisoni, 2007), 작업 기억 능력의 발달 또한 저하될 수 있다(Burkholder & Pisoni, 2003). 따라서 작업 기억 능력은 여러 하위 영역의 상호보완 속에 언어 능력을 예측하는 변수가 될 수도 있다(Kronenberger et al., 2001; Casserly & Pisoni, 2013; Nittrouer, Caldwell-Tarr & Lowenstein, 2014). 따라서 본 연구에서는 공간을 기반으로 하는 시공간잡기장 영역은 제외하고 언어적 특성을 좀 더 많이 반영하는 음운회로와 중앙집행기 기능을 중심으로 작업 기억 능력을 살펴보고자 하였다.

국내에서도 청각장애 아동의 언어 능력과 작업 기억 능력에 대한 연구들이 지속적으로 이루어져 왔다. 기존 연구에 따르면 인공와우 아동들이 처리 조건이 복잡해 질수록 작업 기억 능력에 저하를 보였으며(박소현 외, 2011) 청각장애 아동과 건청 아동 집단 간 모든 영역의 작업 기억 과제에서 청각장애 아동의 수행력이 건청 아동보다 유의미하게 떨어졌다(이미숙, 2012). 또한, 6~9세 인공와우 이식 아동 집단과 건청 아동 집단을 비교한 결과 숫자 따라말하기, 비단어 따라말하기, 문장폭 기억 과제 등에서 인공와우 이식 아동이 유의하게 낮은 수준을 보인다고 밝혔다(조경은, 2014). 한편 언어 능력과 같은 여러 변수를 통제했을 때 작업 기억 과제에 따라 청각장애 아동이 또래와 유사한 작업 기억 능력을 보인다(이미숙, 2012; 이지윤 외, 2015)는 연구들도 있다.

이러한 연구들은 건청 아동에 비해 언어 능력이 저하되어 있는 청각장애 아동들을 대상으로 이루어져 작업 기억 능력에서의 저하가 가지는 의미를 설명하는 데에 언어 능력의 영향을 배제하지 못하였다고 할 수 있다. 또한, 대상 선정에서부터 듣기, 언어 및 인지 능력을 통제하여 건청 또래와 작업 기억 능력을 비교한 연구는 거의 없으며, 작업 기억 능력은 학령전기부터 학령기에 걸쳐 급격히 발달하는데 이에 대한 고려 없이 넓은 연령대의 청각장애 아동들을 대상으로 한 경우가 많았다(이미숙, 2012, 6~10세; 이지윤, 2012, 5세~12세; 조경은, 2014, 6~9세; 이영미, 2015, 6~13세). 즉, 청각장애 아동과 건청 아동의 작업 기억 능력에 대한 비교는 이루어졌겠지만 작업 기억 능력의 특성을 적절히 반영했다고 보기 어렵다.

본 연구는 Gaulin & Cambell(1994)의 연구에서 작업 기억 발달에 있어서 9세가 중요한 연령이라고 밝히고 있다는 점에 주목하고자 한다. 이들은 기능적 작업 기억 용량이 9세까지는 지속적으로 증가하지만, 그 이후에는 작업 기억 처리의 자동성만 증가하고 작업 기억의 용량 자체는 증가하지 않는다고 하였다. 따라서 9세 수준으로 언어 연령이 동일한 경우 건청 아동과 청각장애 아동 간에 작업 기억 능력이

어떠한 양상을 보이는지 살펴봄으로써 초등 고학년 시기와 향후 청소년기의 언어 인지 학습에 미칠 수 있는 영향에 대한 정보를 제공하는 것은 매우 의미 있는 일일 것이다.

또한, 건청 아동과 청각장애 아동 간의 언어 및 작업 기억 능력의 비교는 다양하게 이루어져 왔으나 청각장애 아동들이 사용하는 청각 보장구의 종류에 따라 구분하여 살펴본 연구는 드물며, 보장구 간 차이가 없다는 보고들이 있다(이지윤, 2012; 이지윤 외, 2015). 2000년대 들어서 보청기 및 인공와우 등 청각 보장구의 성능은 더욱 급속도로 향상되어 왔다. 1900년대에 널리 쓰인 아날로그 방식의 보청기는 거의 사용되지 않으며 디지털 보청기의 음향 증폭 및 전달 기술은 괄목할 성장을 하였다. 집적 회로의 음향 신호 처리 기술 발달뿐만 아니라 주변 소리를 좀 더 효과적으로 입력하는 방향성 마이크로폰과 말소리 지각에 부정적인 영향을 끼치는 소음을 처리하는 기술의 발달 등으로 인해 보청기 착용자들의 말소리 지각 능력은 예전보다 매우 향상되었으며(Aubreville & Petrusch, 2015; Beck & Behrens, 2016), 이러한 기술의 발전은 언어 발달에도 긍정적인 영향을 끼친다(Tomblin, Oleson, Ambrose, Walker & Moeller, 2014).

한편 19세기의 중요한 발명품 중의 하나인 인공와우는 고심도 청각장애 아동들이 건청이나 경도~중도 청각장애 아동의 수준으로 듣기, 언어 발달을 이룰 수 있는 획기적인 청각 보장구로 각광받아 왔다(Geers, 2003). 인공와우 역시 2000년대에 들어 내부 전극 채널 간 간섭 감소, 외부 어음처리기의 신호 추출과 처리의 정확도 상승, 전지 사용 효율성 증가 등 더욱 비약적인 발전을 이룬다(Wouters, McDermott & Francart, 2015). 그러나 이러한 기술의 발달에도 불구하고 여전히 고주파수 소리의 증폭이나 고심도 난청인을 위한 적절한 증폭은 현대의 보청기나 인공와우로는 어려움이 많다고 알려져 있다. 비슷한 보청 청력을 가진 보청기 사용 아동과 인공와우 사용 아동 간에 수행 차이를 살펴봄으로써 청각 보장구가 아동의 작업 기억 능력에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보는 것은 어떤 보장구가 아동의 발달에 더 적절한지를 결정할 때에 도움이 되는 정보를 줄 수 있을 것이다. 따라서 언어 연령이 동일한 청각장애 아동들 간에 청각 보장구의 종류에 따라 작업 기억 능력에 어떠한 차이가 있는지 살펴봄으로써 보다 진전된 논의를 할 수 있을 것으로 기대한다.

본 연구에서는 언어 연령이 9세인 8~10세 청각장애 아동과 건청 아동을 대상으로 중앙집행기와 음운회로를 측정하는 4가지 작업 기억 과제를 통해서 건청 아동과 인공와우 또는 보청기를 착용한 청각장애 아동 간에 어떠한 차이가 있는지 살펴 보았다. 아울러, 대상 아동들의 언어, 인지, 말지각 능력과 작업 기억 과제 간에 어떠한 상관성이 있는지 살펴보고자 하였다. 본 연구의 연구 문제는 다음과 같다.

1. 청각장애의 유무(건청 아동과 청각장애 아동 비교)와 보장구의 종류(건청 아동, 인공와우 아동, 보청기 아동 비교)에 따라 작업 기억 과제 수행에 차이가 있는가?
2. 각 대상 아동 집단의 인구학적 요인과 기초검사 및 작업 기억 과제 수행력 간에 어떠한 상관성이 있는가?

II. 연구방법

1. 연구 대상

청각장애 아동은 (1) 2세 이전에 청각장애 진단, (2) 2세 이전에 보장구를 착용, (3) 보장구를 착용하고 순음검사 상 500, 1k, 2k, 4k Hz 주파수 평균 역치 35dB HL 미만, (4) 보장구를 양측에 동일한 종류로 착용, (5) 한국판 아동용 웨슬러 지능검사(K-WISC-III: 광금주 외, 2001)의 동작성 지능검사에서 -1SD 이상, (6) 청각장애 외 다른 감각 장애나 정서 장애, 학습적 문제 등을 보이지 않으며, (7) 수용·표현 어휘력검사(REVT: 김영태 외, 2009)와 구문의미이해력검사(KOSECT: 배소영 외, 2004)의 검사 결과, 어휘 및 구문 이해력 발달이 9세 수준, (8) 듣기로 제시되는 과제 수행이 가능함을 확인하기 위해 일음절단어지각검사(말지각발달검사: KNISE-DASP, 송영준 외, 2010)에서 음소 정확도가 90% 이상, (9) 일반 학교 통합교육을 받고 있는 아동을 대상으로 하였다.

건청 아동은 (1) 500, 1k, 2k, 4k Hz 주파수 평균 역치가 20dB HL 미만의 청력, (2) K-WISC-III의 동작성 지능검사에서 -1SD 이상, (3) 다른 감각 장애나 정서 장애, 학습적 문제 등을 보이지 않으며, (4) REVT와 KOSECT의 검사 결과 어휘 및 구문 이해력 발달이 9세 수준, (5) 일반 학교를 다니는 아동을 대상으로 하였다. 본 연구는 우송대학교 연구윤리위원회의 승인(1041549-170711-SB-45)을 받은 절차대로 진행하였다.

인공와우 아동(15명)은 평균 122개월, 보청기 아동(15명)은 평균 120개월이었고, 보장구 착용 시기는 인공와우 아동의 경우 평균 13.9개월, 보청기 아동은 평균 16.6개월이었다. 보장구 착용 기간은 인공와우 아동 평균 107.7개월, 보청기 아동은 평균 104.6개월로 나타났으며, 보정 청력은 인공와우 아동 평균 26.3 dB HL, 보청기

아동은 평균 30 dB HL이었다. 건청 아동(15명)의 생활 연령은 평균 110개월이었다. 대상 아동에 대한 기본 정보 및 보장구 관련 정보는 <표 1>에 제시하였다.

<표 1> 대상 아동의 인구학적 및 보장구 관련 정보 M(SD)

구분	인원	성별		생활 연령	보장구 착용시작연령	보장구 착용기간	보청역치 (dBHL)
		남	여				
인공와우 아동	15	5	10	122(7.9)	13.9(2.3)	107.3(10.2)	26.3(2.2)
보청기 아동	15	8	7	120(3.6)	16.6(3.6)	104.6(10.1)	30(2.6)
건청 아동	15	8	7	110(4.3)	NA	NA	NA

M = 평균, SD = 표준편차, NA = Not Applicable

2. 연구절차

1) 기초검사

실험 집단과 통제 집단의 지능을 측정하기 위해 K-WISC-III의 동작성 지능검사를 실시하였고 인공와우 및 보청기 아동이 듣기로 과제를 수행하기 위한 충분한 능력이 있는지 확인하기 위해서 KNISE-DASP의 하위 검사인 일음절단어지각검사를 사용하였다. 실험 집단과 통제 집단의 수용 및 표현 어휘력 수준을 파악하고 언어 연령을 동일하게 맞추기 위해서 REVT와 KOSECT를 실시하였다. 대상 아동의 기초검사 결과는 <표 2>와 같다.

<표 2> 대상 아동의 인지 및 언어 능력 검사 결과 평균

구분	인원	기초 검사 결과				언어 검사 결과					
		지능검사 (동작성 검사)		말지각검사 (1음절 검사)		수용표현어휘력검사 (REVT)				구문의미이해력검사 (KOSECT)	
		원점수	표준점수	원점수	정반응율 (%)	표현 원점수	등가 연령	수용 원점수	등가 연령	원점수	등가 연령
인공와우 아동	15	111.6	105	23.5	97	92.2	9:5	113.2	9:5	52.8	9:0
보청기 아동	15	110.8	103	23.3	97	91.7	9:4	112.4	9:4	53.4	9:0
건청 아동	15	113.7	110			93	9:6	114	9:6	53.8	9:0

2) 작업 기억 측정 과제

(1) **숫자 따라말하기(forward digit span)**: 대상 아동들이 예비연구에서 사용한 K-WISC-Ⅲ의 동작성 검사 항목에서 천정 효과를 보여, 4~9자리까지의 숫자는 기존 검사 항목을 그대로 사용하였고, 10~13자리까지 확장하여 4~13자리의 숫자로 구성된 20문항으로 구성하였다. 9자리까지는 동일한 숫자가 반복되지 않도록 하고 10자리가 넘어가는 경우 동일한 숫자가 2번 이상 반복되지 않도록 숫자를 배열하였다.

(2) **비문장 따라말하기(non-sense sentence repetition)**: 예비연구 결과, 대상 아동들이 ‘비단어 따라말하기’ 과제에서 천정 효과를 보였다. 비단어의 음절 수 5~7개 이상으로 늘리는 것은 부적절하므로, 본 연구에서는 비단어 대신 비문장을 사용하였다. ‘비문장 따라말하기’는 ‘비단어 따라말하기’보다 어려운 과제이며 작업 기억 중 음운회로의 영역을 반영하는 문장 따라말하기 과제의 특성 또한 가지고 있다. 비문장은 Speech banana sentences(장선아 외, 2017)의 비문장 목록(non-sense sentences) 중에서 문맥과 문법이 모두 맞지 않는 문장들(예: 하늘에 소금도 가방이니까 춥다)로 구성하였다. 3어절 문장 6개, 4어절과 5어절 문장을 각각 7개씩 선별하여 총 20문항으로 구성하였다.

(3) **숫자 거꾸로 따라말하기(backward digit span test)**: 3개 이상의 숫자가 11개까지 하나씩 늘어나는 형태로 20문항으로 구성하였다. 숫자 따라말하기와 마찬가지로 3~8자리까지의 숫자는 K-WISC-Ⅲ의 검사 항목을 그대로 사용하였고 그 이상의 경우 숫자 따라말하기와 동일한 방식으로 숫자를 배열하였다.

(4) **읽기폭(reading span)**: 이병택(2002)이 사용한 검사 문항을 선별하여 사용하였다. 대상자가 초등학교 아동임을 감안하여 검사 목록 중 읽기폭 당 문항 수를 5문항에서 3문항으로 줄였고, 문장 길이를 5~9어절로 조정하였으며, 현대 문법과 아동의 어휘 수준에 맞추어 수정하였다(국민학교-초등학교, 왈츠-춤 등). 아동은 컴퓨터 화면에 보이는 각 문장을 소리 내어 읽은 후 +표시가 나타날 때 문장의 의미를 정확하게 말하도록 하였다.

3) 작업 기억 측정 과제의 타당성 확인

본 연구에서 수정 보완된 작업 기억 측정 과제에 대한 타당도를 언어재활사 4인(언어병리학 전공 석사 졸업 이상, 언어치료 경력 2년 이상)에게 의뢰하였다. 타당도 검사는 4가지 과제 항목 총 5점 만점으로 실시하여 4가지 과제 모두 평균 4점

이상의 점수를 받았다.

4) 연구절차

모집된 인공와우, 보청기, 건청 아동을 대상으로 지능검사, 말지각검사, 언어검사로 구성된 기초검사를 시행하였다. 동작성 지능검사 결과가 $-1SD$ 이하 또는 일음절단어지각검사에서 90% 미만의 수행력을 보이는 아동은 연구 대상에서 제외하였고, 언어검사를 통해 언어 연령이 9세 수준인 아동만으로 대상 집단을 구성하였다. 모든 검사와 과제는 조용한 방에서 일대일 상황으로 연구자에 의해 진행되었으며 아동에게 검사의 목적과 방법을 설명하고 표준화된 검사는 명기된 검사 절차에 따라 진행하였다.

본 연구를 위한 작업 기억 검사는 연습 문항 외에는 검사 자극의 반복 없이 1회만 제공하고, 숫자 따라말하기와 숫자 거꾸로 따라말하기는 아동이 전체 반복으로 반응할 때, 비문장 따라말하기는 맞게 수행한 어절을 각 1점으로, 읽기폭 검사는 각 문장의 마지막 단어를 말한 개수를 각각 1점으로 채점하였다. 검사 시간은 기초검사가 약 30분~40분, 본 검사 과제가 약 30~40분 정도 소요되었으며 각 검사 실시 후 10분 정도 휴식 시간을 가지고 검사를 진행하였다.

5) 자료처리방법

청각장애 아동과 건청 아동 집단 간 과제 수행력 비교를 알아보기 위해, 정규성 검정을 통과한 '비문장 따라말하기'는 t 검정, 통과하지 못한 '숫자 따라말하기', '숫자 거꾸로 따라말하기', '읽기폭'은 Mann-Whitney U Test를 실시하였다. 인공와우 아동과 보청기 아동, 건청 아동 집단 간의 과제 수행력 비교를 위해 정규성 검정을 통과한 '비문장 따라말하기'와 '읽기폭'은 각각 일원분산분석으로, 통과하지 못한 '숫자 따라말하기'와 '거꾸로 따라말하기'는 Kruskal-Wallis H 검정으로 실시하였다. 또한, 검사 및 과제 간 상관을 알아보기 위해 Pearson 상관계수를 산출하였다. 통계 프로그램은 SPSS(the Statistical Package for the Social Sciences) 22.0을 사용하였다.

III. 연구 결과

1. 청각장애 유무와 청각 보장구에 따른 작업 기억 과제 수행 비교

청각장애 아동은 건청 아동에 비해 4가지 과제 모두에서 통계적으로 유의하게 낮은 수행력을 보였다($p < .001$). 음운회로 기능 중 숫자 따라말하기 과제의 평균 점수(정반응율)는 청각장애 아동 10.5점(54.1%)이고, 건청 아동은 12.6점(63.33%), 비문장 따라말하기의 경우 청각장애 아동 67.4점(83.24%), 건청 아동 75.7점(93.45%)이었다. 중앙집행기능 중 숫자 거꾸로 따라말하기 과제에서 청각장애 아동은 8.1점(40.66%), 건청 아동의 경우 10.5점(51.66%), 읽기폭 과제는 청각장애 아동 31.2점(54.16%), 건청 아동 35.3점(63.33%)이었다.

청각장애 아동을 인공와우와 보청기 집단으로 나누어 비교하였을 때에도 청각장애 유무로만 비교하였을 때와 유사하였다. 세 집단 간 비교 결과를 <표 3>에 제시하였다.

<표 3> 대상 아동의 작업 기억 능력 점수 및 정반응율 (평균)

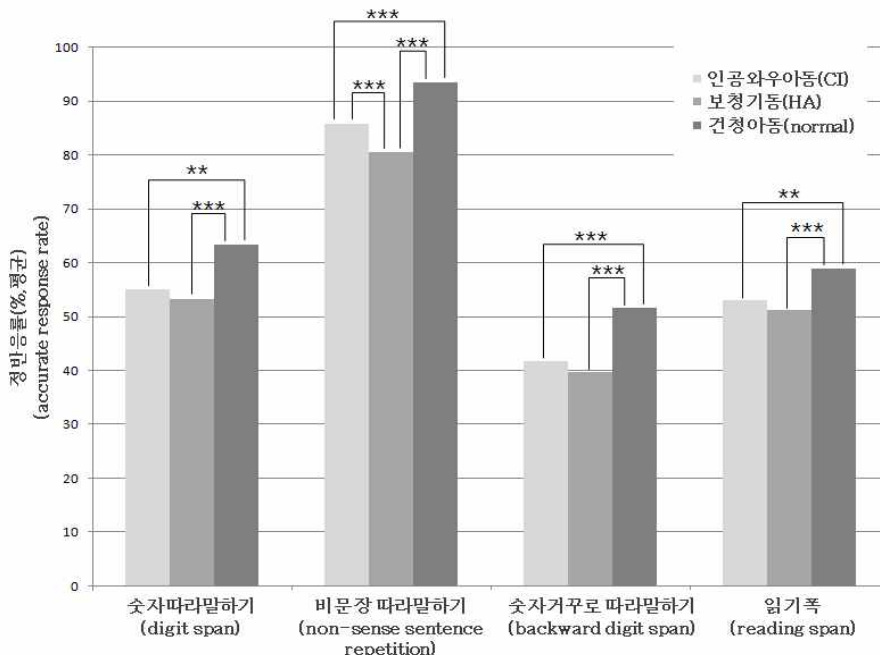
구분	인원	음운회로기능				중앙집행기 기능			
		숫자따라말하기		비문장따라말하기		숫자 거꾸로 따라말하기		읽기폭	
		점수	정반응율 (%)	점수	정반응율 (%)	점수	정반응율 (%)	점수	정반응율 (%)
인공와우 아동	15	11 (4.6)	55.00	69.6 (2.4)	85.96	8.3 (4.0)	41.66	31.8 (3.1)	52.96
보청기 아동	15	10.4 (6.4)	53.33	65.2 (4.6)	80.53	7.9 (4.8)	39.66	30.7 (3.8)	51.17
건청 아동	15	12.6 (6.9)	63.33	75.7 (2.5)	93.45	10.3 (8.1)	51.66	35.3 (4.7)	58.86

()는 표준편차

음운회로 기능 중 숫자 따라말하기 과제의 평균 점수(정반응율)는 인공와우 아동 11점(55%), 보청기 아동 10.4점(53.33%)으로 통계적으로 유의하지는 않았으나 인공와우 아동의 수행력이 보청기 아동에 비해 높게 나타났으며, 인공와우 아동과 보청기 아동은 각각 건청 아동에 비해 낮은 수행력을 보였다($p < .01$). 비문장 따라말하기에서는 인공와우 아동 69.6점(85.96%), 보청기 아동 65.2점(80.53%)으로, 인공와우 아동의 점수가 보청기 아동의 점수보다 높게 나타났다($p < .001$). 인공와우

아동과 보청기 아동의 비문장 따라말하기 수행력은 건청 아동보다 낮았다($p<.001$).

중앙 집행 기능 중 숫자 거꾸로 따라말하기 과제의 평균 점수(정반응율)은 인공와우 아동 8.3점(41.66%), 보청기 아동 7.9점(39.66%)으로 통계적으로 유의하지 않았으나 인공와우 아동의 수행력이 보청기 아동보다 좋았다. 또한 인공와우 아동과 보청기 아동 모두 건청 아동보다 수행력이 낮았다($p<.001$). 읽기폭 과제에서는 인공와우 아동 31.8점(52.96%), 보청기 아동 30.7점(51.17%)으로 통계적으로 유의하지 않았으나, 인공와우 아동이 보청기 아동보다 높은 수행력을 보였다. 인공와우 아동($p<.01$)과 보청기 아동($p<.001$)은 모두 건청 아동보다 낮은 수행력을 보였다. 이러한 결과를 그림으로 나타내면 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 인공와우 아동과 보청기 아동, 건청 아동의 작업 기억 과제별 수행력 비교

2. 말지각, 언어 및 인지 능력과 작업 기억 과제 간의 상관관계

청각장애 아동 집단의 경우 생활 연령, 보장구 착용 시작 연령과 착용 기간을 포함하여 착용 역치, 말지각 점수 및 동작성 지능, 언어검사 점수와 작업 기억 과제 간 상관을 도출하였고 건청 아동 집단의 경우 동작성 지능, 언어검사 점수와 작업 기억 과제 간의 상관을 도출하였다.

청각장애 아동의 생활 연령과 보장구 사용 기간 간에 상관이 나타났고, 인공와우 아동의 경우 생활 연령과 지능 및 어휘력 간에, 보청기 집단의 경우 생활 연령과 구문의미이해력 간에 상관이 나타났다. 인공와우 아동은 인공와우 사용 기간과 지능 및 어휘력 간에 높은 상관이 나타났으며 지능과 표현 어휘력, 수용 어휘력과 표현 어휘력 간에 높은 상관을 보였고 구문의미이해력과 비문장 따라말하기 간에 상관이 나타났다. 보청기 아동의 경우 인공와우 집단보다 더 적은 변인 간 상관을 보였는데, 역시 지능과 어휘력 간에, 수용 어휘력과 표현 어휘력 간에 높은 상관을 보였으며 인공와우 집단과 마찬가지로 구문의미이해력과 비문장 따라말하기에 상관이 나타났다. 건청 아동은 지능과 어휘력, 구문의미이해력 간에 높은 상관이 나타났으며, 생활 연령과 과제 간에 어떠한 상관도 나타나지 않았다. 또한, 청각장애 아동에서 나타나지 않던 작업 기억 과제 간(숫자 따라말하기와 읽기폭)에 상관이 나타났다. 흥미로운 것은 비문장 따라말하기 과제가 지능, 수용 어휘력, 구문의미이해력과 모두 상관이 나타난 것이다. 이를 표로 정리하면 다음과 같다(표 4).

<표 4> 대상 아동의 관련 변인들 및 작업 기억 과제 간 상관관계 (평균)

CI group	Onset of CI use	CI duration	Aided TH	WRS	Non-verbal IQ	REVT-R	REVT-E	KOSECT	FDS	NSR	BDS	RS
CA	-.064	.904**	.093	-.212	.567*	.769**	.764**	-.287	-.029	.142	.052	.324
Onset of CI use		-.460	.245	.474	-.161	-.207	-.174	-.388	.422	-.141	-.246	-.273
CI duration			.170	-.465	.605*	.75**	.724**	-.090	-.121	.236	.211	.454
Aided TH				.040	-.119	.469	.382	.503	.169	.419	.127	-.099
WRS					.044	-.088	-.051	-.367	.398	-.046	.000	-.408
Non-verbal IQ						.405	.539*	-.179	-.231	.158	.035	.027
REVT-R							.946**	.063	-.198	.395	.128	.270
REVT-E								-.007	-.286	.336	-.063	.149
KOSECT									-.110	.596*	.290	.150
FDS										.155	.378	.041
NSR											.469	.151
BDS												.277

222 특수교육 저널: 이론과 실천(제19권 제3호)

HA group	Onset of HA use	HA duration	Aided TH	WRS	Non-verbal IQ	REVT-R	REVT-E	KOSECT	FDS	NSR	BDS	RS
CA	-.053	.921*	-.030	-.141	-.051	.299	.247	.524*	.142	.151	-.244	.199
Onset of HA use		-.330	-.037	-.059	-.406	-.453	-.453	.301	.375	-.113	-.212	.215
HA duration			-.013	-.206	.022	.382	.338	.320	.023	.075	-.142	.256
Aided TH				.000	.194	-.165	-.135	-.197	-.294	-.036	.278	-.058
WRS					.297	.247	.283	.229	-.059	.342	-.192	-.358
Non-verbal IQ						.745**	.789**	.126	-.160	.348	.211	-.352
REVT-R							.974**	.149	-.174	.409	.145	-.178
REVT-E								.128	-.195	.383	.135	-.160
KOSECT									.475	.609*	-.139	.065
FDS										.366	.033	-.014
NS											.344	-.0256
BDS												-.073

TH group	Non-verbal IQ	REVT-R	REVT-E	KOSECT	FDS	NSR	BDS	RS
CA	-.437	-.071	-.191	.179	-.072	-.039	-.431	-.094
Non-verbal IQ		.559*	.519*	.576*	.332	.584*	.392	-.011
REVT-R			.559*	.545*	.487	.608*	.301	.359
REVT-E				.708**	.112	.476	.389	.048
KOSECT					.047	.680**	.200	-.144
FDS						.365	.459	.659**
NSR							.242	.237
BDS								.451

CI = Cochlear Implants(인공와우), HA = Hearing Aids(보청기),
 TH = Typical Hearing Aided(건청) Aided TH = Aided Threshold(보장구 착용 위치),
 WRS = Word Recognition Scores(1음절 단어 듣기),
 REVT-R = REVT-Receptive vocabulary(REVT-수용어휘),
 REVT-E = REVT-Expressive vocabulary(REVT-표현어휘),
 FDS = Forward Digit Span(숫자 바로 따라말하기),
 NSR = Nonsense Sentences Repetition(비단어 따라말하기),
 BDS = Backward Digit Span(숫자 거꾸로 따라말하기), RS = Reading Span(읽기폭)

* $p < .05$, ** $p < .001$

IV. 논의 및 결론

1. 청각장애 유무와 보청구의 종류에 따른 작업 기억 수행력 비교

본 연구는 언어 능력을 건청 아동과 같은 수준으로 통제함으로써 청각장애 아동들이 보이는 작업 능력의 저하를 언어적인 요인에서 분리하여 설명하고자 시도하였다. 대상 선정에서부터 생활 연령, 말지각, 인지, 언어 변인을 같은 수준으로 통제하였음에도 청각장애 아동들은 음운회로 기능과 중앙집행기 기능을 측정하는 4가지 작업 기억 과제 모두에서 건청 아동에 비해 낮은 수행력을 보였다.

이지윤 외(2015)는 언어 변인을 공변인으로 통제하고 작업 기억 점수를 비교하면 청각장애 아동들이 건청 아동들과 유사한 작업 기억 능력을 갖는다고 하였으나 본 연구에서는 언어 변인이 대상 선정에서부터 통제되었음에도 청각장애 집단이 건청 집단보다 저하된 작업 기억 능력을 보이고 있는 것으로 나타났다. 이는 청각 손실이 언어 발달의 저하뿐만 아니라 작업 기억과 같은 인지적 영역에도 영향을 미칠 수 있음을 시사하며 청각장애 아동들이 작업 기억을 포함한 인지 발달에 어려움을 보인다는 것을 보여준다(Conway, Karpicke & Pisoni, 2007; Burkholder & Pisoni, 2003; 임동선 외, 2015).

청각장애 아동은 듣기 경험의 박탈로 청각적 신호의 처리뿐 아니라 인지 능력까지 영향을 받을 수 있으며(Conway, Karpicke & Pisoni, 2007), 이로 인해 이들의 작업 기억 능력은 건청 아동에 비해 떨어지게 된다(Burkholder & Pisoni, 2003). 이러한 연구 결과들은 청각의 손실은 초기의 청각 경험이나 언어 습득과 관련되어 정보의 중추 처리 기술의 다양한 영역에 영향을 미친다는 것을 뒷받침한다.

시각과 청각은 환경으로부터 정보를 가장 많이 받아들이는 장치이다. 감각적인 결합이 없을 때는 시각적 정보와 청각적 정보를 통합하고 저장하는 이원적 저장방식을 가지게 되는 반면, 청각에 문제가 있는 경우 시각지향성 정보 처리 경향으로 일원적 저장 형식을 가지게 된다(Kelly, 1976). 생애 초기에 청력 박탈의 기간이 있었던 청각장애 아동들은 이후 보청구를 통해 청각적 자극을 받더라도 작업 기억 용량이나 처리 속도 등 작업 기억 능력의 발달에서 어려움을 겪을 수 있다. 그러나 한편으로는 기존의 작업 기억 과제들이 지시 사항의 이해나 과제 수행 과정에서 청각적 정보처리에 의존한다는 사실을 볼 때, 청각장애 아동을 건청 아동과 비교하여 발달 지연으로 평가할 것이 아니라 청각장애 아동은 건청 아동과는 다른 작업 기억 발달의 형태를 가지고 있으며 그러한 아동의 다양한 차이를 이해하려는 관점도 필요하다고 할 수 있겠다(이지윤, 2012). 작업 기억 과제 수행에 영향을 미치는 기저 요인들과 감각 영역, 언어적, 비언어적 양식 등에 대한 연구가 더욱 이루어져야 할 것이다

(임동선 외, 2015).

한편, 본 연구의 청각장애 집단은 기존 연구들에 비해 일찍 보장구를 착용하고 재활을 해온 아동들임에도 불구하고 이러한 결과가 나타났다는 것은 주목할 만하다. 많은 연구들이 3세 경 보장구를 착용한 아동들을 대상으로 하였으며(박소현 외, 2011; 이미숙, 2012, 현승희, 2013, 조경은, 2014; 이지윤 외, 2015), 몇몇 연구에서는 대상자 중에서 상대적으로 이른 시기에 보장구를 착용하고 재활을 받은 아동들이 그렇지 않은 아동들에 비해 더 나은 작업 기억 능력을 보인다고 하였다(조경은, 2014; 박소현 외, 2012). 본 연구에서 기존 연구들보다 이른 시기에 중재를 시작한 아동들만을 대상으로 하였음에도 여전히 건청 아동에 비해 낮은 작업 기억 능력을 보였다. 이는 1~2세 경에 중재를 시작하는 것도 충분히 이른 시기가 아닐 수 있음을 시사한다고도 볼 수 있다.

Pollack(1970)은 생후 1년간 언어 습득을 위한 청각 및 듣기 능력이 발달한다는 것을 강조하였다. 본 연구의 대상 청각장애 아동들은 13~16개월에 보장구를 착용하기 시작한 아동들로, 1세 이전에 이루어져야 하는 청각적인 경험이 제한되었던 것이 음운회로 발달을 포함한 충분한 작업 기억 능력 발달을 위한 청각적 정보 제공의 어려움으로 이어졌을 수도 있을 것이다.

아울러, 보청과 중재를 통해 소리를 듣게 되었음에도 청각장애 아동들이 제공받는 말소리 정보는 건청 아동에 비해 부족하거나 왜곡되어 있다는 점에 주목해야 한다. Wilson(2000)은 인공와우로 처리된 소리 신호는 정상 와우가 전달하는 소리와는 차이가 있다고 하였으며, Arehart, Souza, Baca & Kates(2013)는 보청기가 제공하는 소리가 작업 기억 처리에 불리한 왜곡된 소리일 수 있다고 하였다. 이렇게 청각장애 아동은 상대적으로 건청 아동보다 질적으로 낮은 수준의 소리 신호를 처리하게 될 수밖에 없는데, 이러한 청각적 정보의 불충분함이 작업 기억 능력의 발달에 부정적인 영향을 끼칠 수 있을 것이다. 이러한 작업 기억 능력의 차이가 발생하게 된 것은 청각적 신호의 입력과 수용이 작업 기억이라는 인지적 기능의 발달에 영향(Luria, 2009)을 주게 되며 소리 신호와 인지 기능 간 상호작용이 존재(Conway, Karpicke & Pisoni, 2007; 조경은, 2014 재인용)한다는 선행 연구들과도 견해를 같이한다. 또한, 청각장애 아동이 건청 아동과 유사한 언어 능력을 보임에도 불구하고 청각장애로 인한 작업 기억 능력 발달에 문제가 있을 수 있다는 것은, 작업 기억 능력이 언어 능력과는 차별화된 인지 영역이라는 것을 뒷받침하는 결과라고도 할 수 있겠다(Baddeley, 1992, 2003).

청각장애 아동이 사용하는 보장구의 종류는 비문장 따라말하기를 제외하고 작업 기억 과제 수행에 유의미한 차이를 보이지 않아 선행 연구(이지윤, 2012; 이지윤 외, 2015)와 유사한 결과를 보였다. 한편 본 연구의 보청기 아동들은 보장구 착용 전 청력이 50~80dB HL 수준으로, 80dB HL 이상의 고심도 난청을 가진 인공와우

아동들이 보청기 아동들과 유사한 수준으로 수행했다는 것은 인공와우의 효과가 그만큼 더 뛰어나다는 것을 보여주는 결과라고도 할 수 있을 것이다. 최근 보청기와 인공와우는 청각적 경험을 더욱 풍부하게 제공하기 위해 많은 기술적 변화를 보여주고 있다(Aubreville & Petrusch, 2015; Beck & Behrens, 2016; Wouters, McDermott & Francart, 2015). 이를 통해 볼 때, 작업 기억 영역에서 보장구의 차이보다 더 큰 변수는 충분한 청각적 경험, 아동의 구화 언어 능력, 지속적인 중재 및 재활 경험 등으로 볼 수 있으며 이에 대한 연구들이 다양하게 이루어져야 할 것이다.

2. 작업 기억 과제에 따른 수행력 비교

작업 기억 과제 중 숫자 바로 따라말하기는 음운회로의 특성을 가장 잘 반영하며 음운 기억과 관련해 가장 많이 사용되는 작업 기억 검사이다. 그러나 연령이 높아질수록 숫자 관련 과제는 개인 차이를 알아보기에 민감성이 낮으며(고선희 외, 2009), 숫자 거꾸로 따라말하기는 숫자 음운의 기억뿐만 아니라 처리 문제까지 포함하고 있다. Cleary et al. (2001)은 인공와우 아동이 숫자 따라말하기 과제 수행은 건청 아동과 유사한데, 숫자 거꾸로 따라말하기는 건청 아동보다 유의미하게 낮은 수행을 보였다고 하였다. 본 연구에서는 이러한 현상이 나타나지 않고 두 과제 모두에서 청각장애 아동이 건청 아동보다 낮은 수행력을 보였다. 본 연구에 사용한 숫자 바로 따라말하기와 숫자 거꾸로 따라말하기 과제는 기존 연구들에서 사용된 것보다 숫자열의 길이가 더 길어진 과제였다. 이는 예비연구에서 모두 천정 효과가 나타났기 때문이며, 마찬가지로 비단어에서 천정 효과가 나타나 비문장을 사용하였는데 이러한 적용으로 인해 건청 아동과 청각장애 아동 간의 수행 차이가 더 나타났을 수 있다. 이는 비록 청각장애 아동이 건청 아동에 비해 낮은 수행력을 보였지만, 선행 연구들의 대상 아동에 비해 증가된 수행력을 보였음을 간과해서는 안 될 것이다.

또한, 음운회로 기능을 반영하는 비문장 따라말하기에서 인공와우 아동이 보청기 아동보다 통계적으로 유의미하게 높은 수행력을 보인 것에 주목할 필요가 있다. 익숙한 숫자나 문맥을 이용할 수 있는 다른 과제들과 달리 음향 음소적인 정보를 바탕으로 처리해야 하는 비문장 따라말하기는 정확한 보청 청력과 듣기 능력뿐만 아니라 상향식 정보 처리를 요구한다(현승희, 2013). 보청기 아동들은 보장구 착용 전 평균 청력이 상대적으로 좋음에도 보장구 착용 후 고주파수대 청력은 평균 청력인 30dB HL에 미치지 못하고 75dB HL까지 떨어지는 경우도 있었다. 반면 착용 전 청력은 보청기보다 훨씬 나쁜 인공와우 아동의 보청 청력은 전 주파수대에 고른 형태로 나타났다. 이는 인공와우가 고주파수대 영역에 분포하는 자음 ‘스’나 ‘트’와 같은 소리들을 잘 전달해 주고 전 주파수대 분포한 말소리들을 듣는 데에 이득을 줄 것이다.

이는 단어의 의미나 맥락의 도움을 받을 수 있는 언어 과제나 다른 작업 기억 과제에 비해 정확한 듣기가 기반이 될 수 밖에 없는 비문장 따라말하기 과제에서 인공와우 아동이 보청기 아동보다 더 이득을 얻은 이유가 될 수 있을 것이다. 듣기가 음운 회로 자극을 통해 작업 기억 능력을 향상시킬 수 있다는 점에서 볼 때, 보청기 아동의 경우 부족한 고주파수 대역의 청각적 정보의 입력으로 인해 음운회로 기능을 반영하는 과제 중에서도, 숫자와 같이 자극의 개수가 제한되어 하향식 처리가 더 가능한 과제보다 비문장 따라말하기의 수행이 어려웠을 수 있다.

말소리에서 의미를 배제하여 제공하는 방식은 청각장애 평가 및 치료에 널리 사용되어 왔다(Wood, Yun & Herron, 2010). 주로 무의미 음절이나 단어가 널리 사용되어 왔으며, 보장구를 사용하는 청각장애인들의 듣기 수행력이 점점 향상됨에 따라 문장 수준의 듣기 과제의 개발이 활발하게 이루어지고 있는 추세에 있다(Nielsen & Dau, 2009; Hochmuth, Brand, Zokoll, Castro, Wardenga & Kollmeier, 2012). 비문장은 문장 수준의 듣기 능력 향상을 위해 중재 목적으로도 개발되고 있으며(장선아 외, 2017), 의미 문장이나 무의미 단어보다 일상생활에서의 듣기 능력을 더 반영한다고 보여진다. 인공와우 아동이 건청 아동에는 미치지 못하지만 보청기 아동보다 더 나은 비문장 따라말하기 수행력을 보인다는 것은 중재의 측면에서도 시사하는 점이 많다고 할 수 있다. 뿐만 아니라 비문장 따라말하기 과제는 비단어 따라말하기보다 작업 기억 수행력을 평가하는데 있어서 더 어려운 과제로 평가되고 있는 점, 비문장이기 때문에 구문 구조에서 분리된 음운 작업 기억능력을 측정할 수 있는 점에서 더욱 주목할 만한 결과라고 할 수 있겠다. 또한, 비문장 따라말하기의 결과가 모두 정규성 검정을 통과하였고, 집단의 확률 분포가 정규분포를 따른다는 점 등을 볼 때 향후 더욱 다양한 논의를 제공할 수 있을 것이다.

읽기폭에서도 청각장애 아동은 건청 아동보다 수행력이 유의미하게 더 낮았다. Daneman & Carpenter(1980)가 고안한 읽기폭 검사는 언어이해 처리에서 요구되는 작업 기억 용량을 측정하기 위한 가장 대표적인 검사로 처리와 저장의 두 측면을 모두 반영하는 것으로 알려져 있다. 언어성 작업 기억은 정보가 시각적으로 제시되더라도 언어 영역이 담당하여 처리하게 되기 때문에 구어의 음성적, 조음적 특성과 청각을 기초로 하게 된다(이지윤, 2012). 따라서 듣기의 경험이 부족한 청각장애 아동은 읽기폭 과제의 작업 기억 처리에 있어서 건청 아동에게 여전히 미치지 못하는 것으로 볼 수 있다. 이의 연장선에서 Cleary et al. (2001)의 연구가 지적했듯이 청각장애 아동은 시각적 작업 기억의 수행에도 어려움을 가지고 있다고 볼 수 있다.

3. 말지각, 언어 및 인지 능력과 작업 기억 과제 간의 상관관계

본 연구의 종속 변인들 간의 상관은 몇몇 변인 간에만 나타나고 있었다. 이는 언어 및 작업 기억 과제 간 높은 상관을 보고해온 연구들(이지윤 외, 2015; Pisoni & Cleary, 2003)과 상반되는 결과이다. 앞서 논의한 바와 같이 기존의 연구들은 대부분 평균 보장구 착용 시작 연령이 3세 이상이었으며 보장구 착용 기간도 짧게는 12개월부터 24개월 정도인 경우가 많았고, 착용 역치 또한 30dB HL 이상인 대상자들이 많았던 반면에, 본 연구는 평균 보장구 착용 시작 연령이 2세 이하(인공와우 평균 13.9개월, 보청기 평균 16.6개월), 보장구 착용 기간도 100개월이 넘었다. 착용 역치 또한 상당히 낮은(20~30dB HL) 대상들이며, 일측성 및 양측성 보장구 착용을 모두 허용하지 않고 양측 보장구 착용 아동들만을 대상으로 하였다. 또한 대부분의 연구들이 말지각 능력을 1음절 단어지각 80% 이상 정도로 설정하였거나 언어 능력을 어휘력검사만으로 통제된 반면에 본 연구는 말지각은 90% 이상, 동작성 지능, 언어 능력의 경우에도 어휘력검사와 구문의미이해력 검사를 모두 시행하는 등 상당히 좁은 범위에서 통제했다. 이러한 변인 통제가 아동 내적인 능력이나 발달적인 요소를 제거하여 보다 과제 독립적인 측정이 되었을 수 있겠다. 건청 아동의 결과에서도 유사한 결과가 나왔는데 예를 들면, 생활 연령은 아동의 언어 능력과 높은 상관을 보이는 요인인 경우가 많은데(현승희, 2013; 이지윤 외, 2015; Conway, Karpicke & Pisoni, 2007), 본 연구의 대상 건청 아동들은 연령 범위가 17개월 (SD 4.3)밖에 되지 않아 연령과 과제 간 상관성이 나타나지 않은 것으로 보인다. 건청 아동에서 나타나지 않은 생활 연령과의 상관은 상대적으로 연령 편차가 큰 인공와우 집단(연령 범위 24개월, SD 7.9)과 보청기 집단(연령 범위 30개월, SD 8.9)에서 나타났는데, 인공와우 아동은 동작성 지능과 어휘력이, 보청기 아동은 구문의미이해력에 높은 상관이 나타났다. 동작성 지능 및 어휘력이 인공와우 사용 기간과 상관을 보인 것이 이와 같은 맥락이라고 할 수 있을 것이다. 반면에 건청 아동에서 나타난 지능, 어휘력, 구문의미이해력 간의 상관성이 청각장애 아동에서는 거의 나타나지 않았다. 이러한 현상은 건청 또래 수준의 듣기, 인지 및 언어 능력을 가지고 있더라도 관련 과업 수행에 발달적인 부조화(developmental dis-synchrony)가 있다는 것을 보여주는 결과일 수도 있을 것이다.

작업 기억 과제 간, 작업 기억과 이외 변인들 간에 상관성은 건청 아동에게서만 나타났다. 숫자 따라말하기의 폭이 좁은 아동은 비단어 따라말하기의 과제에도 어려움을 보였고 비단어 따라말하기에 어려움을 보이는 아동들은 새로운 어휘 학습에 어려움을 보이는 경향(Baddeley, Gathercol & Papagno, 1998)은 본 연구에서 관찰되지 않았으며, 건청 아동에 있어서 비문장 따라말하기 과제가 지능, 수용 어휘력, 구문의미이해력파만 상관을 보이고 있었다. 생활 연령과 언어 및 작업 기억 기체에

인지적 부담을 부가하여 측정한 연구들(박소현 외, 2011; 이지윤 외, 2015)은 청각장애 아동들이 건청 아동들과 유사한 인지적 처리 능력을 보인다고 하였으나 본 연구는 과제 간 상관성이 청각장애 아동들에게서 거의 나타나지 않음으로써 청각장애 아동들은 학습의 기저에 있는 인지 능력에 여전히 문제를 보이고 있다(현승희, 2013)는 결과와 맥락을 같이 한다.

본 연구는 9세 언어 발달 수준을 보이는 생활 연령 8~10세 아동을 인공와우 집단, 보청기 집단, 건청 집단으로 나누어 청각장애와 보장구의 종류가 작업 기억 과제 수행에 미치는 영향을 알아보았다. 기존의 연구들에 비해 본 연구의 청각장애 아동들은 작업 기억 과제에서 진전된 수행력을 보이는 것을 관찰할 수 있었으나, 여전히 건청 아동에 비해서는 유의미하게 낮은 수행력을 보이는 것을 확인할 수 있었다. 한편 보장구에 따른 차이는 비문장 따라말하기 과제 수행에서만 유의미하게 나타났으며, 언어나 지능 변인에 비해 작업 기억 과제 간의 상관은 거의 나타나지 않았다. 이를 바탕으로 앞으로 전반적으로 향상된 청각장애 아동들의 과제 수행력을 적절하게 평가할 수 있는 작업 기억 과제에 대한 연구가 더 이루어져야 할 것이다. 언어성 지능이나 시공간적 작업 기억을 반영하는 과제 등을 함께 시행하여 청각장애 아동들의 작업 기억 능력을 다각적으로 평가하려는 노력 또한 필요할 것으로 기대된다.

참고문헌

- 고선희, 최경순, 황민아 (2009). 읽기 폭 과제로 측정한 정상아동의 작업 기억 발달. **언어 청각장애연구**, 14(3), 303-312.
- 곽금주, 박혜원, 김청택 (2001). **한국판 아동용 웨슬러 지능검사** (Korean Wechsler Intelligence Scale for Children -III : K-WISC III). 특수교육.
- 김성수 (2004). 단순언어장애 아동의 기능적 작업기억과 낱말 습득 특성. 단국대학교 대학원 박사학위논문.
- 김신영 (2014). 작업기억 증제가 단순 언어 장애 작업기억 용량과 언어 능력에 미치는 영향. 이화여자대학교 대학원 석사학위논문.
- 김영태, 홍경훈, 김경희, 장혜성, 이주연 (2009). **수용·표현어휘력검사**(Receptive and Expressive Vocabulary Test : REVT). 서울장애인종합복지관.
- 김홍근, 박태진 (2003). 숫자 바로 따라 외우기와 거꾸로 따라 외우기의 차이에 관한 기준 연구. **한국심리학회지**, 22(3) 599-613.
- 대한청각학회 (2018). **신생아 청력선별검사 가이드라인 및 자료집**. 대한청각학회.
- 박소현, 방정화 (2011). 인공와우 착용 아동의 작업기억, 문장이해력과 문장인지도 간의 관계. **청능재활**, 7(1), 40-50.

- 배소영, 임선숙, 이지희, 장혜성 (2004). **구문의미이해력검사** (Korean Oral Syntax Expression Comprehension Test : KOSECT) . 서울장애인복지관.
- 송영준, 이효자, 장현숙 (2010). **말지각발달검사** (Korea National Institute for Special Education-Developmental Assessment of Speech Perception : KNISE-DASP). 교육과학사.
- 우정수 (2006). 인공와우 이식 아동의 음운 인식과 읽기. 연세대학교 대학원 석사학위논문.
- 이명진, 홍성진, 신경희, 김초복 (2015). 아동용 작업 기억 훈련 프로그램 개발 및 예비연구. **사회과학연구**, 26(4), 27-44.
- 이미숙 (2012). 학령기 보청기 및 인공와우착용 아동의 문장 따라말하기 특성. **청능재활**, 8(2), 204-211.
- 이미숙, 이지윤 (2012). 학령기 인공와우이식 아동의 음운처리능력에 대한 연구. **특수아동교육**, 14(4), 335-350.
- 이병택 (2002). 읽기폭 연구의 신뢰도 연구. **심리과학**, 11(1), 15-33.
- 이영미 (2015). 학령기 인공와우 아동의 비단어 따라 말하기 수행력과 관련 요인 분석. **특수아동교육연구**, 17(1), 131-148.
- 이지윤 (2012). 청각장애 아동의 작업기억 특성과 언어 발달. 대구대학교 대학원 박사학위논문.
- 이지윤, 이조영, 이옥분 (2015). 청각장애 아동과 건청 아동의 숫자 따라말하기와 읽기폭 과제 수행력 비교. **언어치료연구**, 24(4), 401-411.
- 임동선, 김영태, 양윤희 (2015). 언어장애아동 판별을 위한 구어 및 시공간적 작업기억의 효용성 탐색 정보처리 특성에 따른 작업기억 과제의 탐색적 요인분석: 일반아동 및 수용어휘지체 아동의 수용어휘력 및 빠른 우연학습 예측요인. *Communication Sciences & Disorders*, 20(2), 304-318.
- 임동선, 김영태, 양윤희 (2016). 언어장애아동 판별을 위한 구어 및 시공간적 작업기억의 효용성 탐색. *Communication Sciences & Disorders*, 21(2), 193-205.
- 장선아, 전주희, 구자원, 오승하, Ratnanather, T. (2017). Development of listening evaluation and practice tool in a format of mobile application for the people with hearing impairment. *Seoul International Conference on Speech Science (SICSS) 발표 논문*.
- 조경은 (2014). 인공와우 이식 아동의 청각적 작업기억 과제 수행 능력과 언어 능력의 관계. 이화여자대학교 대학원 석사학위논문.
- 황지수, 최성목 (2015). 그림과 작업기억력이 어휘습득에 미치는 영향. **현대영미어문학**, 33(1), 149-177.
- 황민아 (2016). 초등학교 2, 4학년 읽기부진 아동의 언어성 작업 기억 : 비단어따라말하기, 문장따라말하기 및 읽기폭 검사를 중심으로. **학습장애연구**, 13(3), 19-47.
- 현승희 (2013). 인공와우이식 아동의 청각 및 시각 암묵적 학습 능력과 언어 능력의 관계. 이화여자대학교 대학원 석사학위논문.
- Alloway, T. P. (2009). Working memory, but not IQ, predicts subsequent leaning on children with leaning difficulties. *European Journal of Psychological Assessment*, 25(2), 1015-1023.

- Aubreville, M. & Petrusch, S. (2015). Measuring directionality of modern hearing Aids. *Canadian Audiologist*, 2(3) https://www.signia-pro.com / scientific_marketing/measuring-directionality-modern-hearing-aids
- Arehart, K. H., Souza P., Baca R. & Kate, J. M. (2013). Working memory, age, and hearing loss: susceptibility to hearing aid distortion. *Ear and Hearing*, 34(3), 251-260.
- Baddeley, A. D. (1992). Working memory. *Science*, 255, 556-559.
- Baddeley, A. D. (2001). The episodic buffer: a new component of working memory. *Trend Cognitive Science*, 4(11), 417-423.
- Baddeley, A. D. (2003). Working memory and language: an overview. *Journal of Communication Disorders*, 36, 189-208.
- Beck, D. L. & Behrens, T. (2016). The surprising success of digital noise reduction. *Hearing Review*. April. https://www.signia-pro.com/scientific_marketing/measuring-directionality-modern-hearing-aids/
- Burkholder, R. A. & Pisoni, D. B. (2003). Speech timing and working memory in profoundly deaf children after cochlear implantation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 85(1), 63-88.
- Casserly, E. D. & Pisoni, D. B. (2013). Nonword repetition as a predictor of long-term speech and language skills in children with cochlear implants. *Otology & Neurotology*, 34(3), 460.
- Choi, Charles T. M. & Lee, Y. H. (2012). A Review of Stimulating Strategies for Cochlear Implants. <https://www.intechopen.com/books/cochlear-implant-research-updates/stimulating-strategies-for-cochlear-implants>
- Cleary, M., Pisoni, D. B. & Kirk, K. I. (2000). Working memory spans as predictors of spoken word recognition and receptive vocabulary in children with cochlear implants. *The Volta Review*, 102(4), 259-280.
- Connor, C. M., Craig H. K., Raudenbush S. W., Heavner, K. & Zwolan, T. A. (2006). The age at which young deaf children receive cochlear implants and their vocabulary and speech-production growth; is there an added value for early implantation? *Ear and Hearing*, 27(6), 628-644.
- Conway, C. M., Karpicke, J. & Pisoni, D. B. (2007). Contribution of implicit sequence learning to spoken language processing: Some preliminary findings with hearing adults. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 12(3), 317-334.
- Daneman, M. & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19(4), 450-466.
- Geers, A. E. (2003). Predictions of Reading skill development in children with early cochlear implantation. *Ear and Hearing*, 24(1), 59s-68s.

- Geers, A. E., Strube M. J., Tobey E. A., Pisoni D. B. & Moog J. S. (2011). Epilogue: factors contributing to long-term outcomes of cochlear implantation in early childhood, *Ear Hear*, 32(1), 84S-92S.
- Gathercole, S. E. & Baddeley, A. D. (1993). Working Memory and Language. Psychology Press.
- Gaulin, C. A. & Campbell, T. F. (1994). Procedure for assessing verbal working memory in normal school-age children: some preliminary data. *Perceptual and Motor Skills*, 79(1), 55-64.
- Hayes, H., Geers, A. E., Treiman, R. & Moog, J. S. (2009). Receptive vocabulary development in deaf children with cochlear implants: Achievement in an intensive auditory-oral educational setting. *Ear and Hearing*, 30(1), 128-135.
- Kronenberger, W. G., Pisoni, D. B., Henning, S. C., Colson, B. G. & Hazzard, L. M. (2011). Working memory training for children with cochlear implants; A pilot study. *Journal of speech, Language, and Hearing Research*, 54, 1182-1196.
- Luria, A. R. (1973). The working brain; An introduction to neuropsychology. New York; Basic Books.
- Lyxell, B., Wass, M., Sahlen, B., Samuelsson, C., Asker-Amason, L., Inertsson, T., Maki-Torkko, E., Larsby, B. & Hallgren, M. (2009). Cognitive development, reading and prosodic skills in children with cochlear implants. *Scandinavia Journal of Psychology*, 50(5), 463-474.
- Montgomery, J. W. (2000). Verbal working memory and sentence comprehension in children with specific language impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 43(2), 293-308.
- Nicholas, J. G. & Geers, A. E. (2007). Will they catch up? The role of age at cochlear implantation in the spoken language development of children with severe to profound hearing loss. *Journal of speech, Language and Hearing Research*, 50(4), 1048-1062.
- Nittrouer, S., Caldwell-Tarr, A. & Lowenstein, J. H. (2014). Working memory in children with cochlear implants: Problems are in storage, not processing. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 77, 1986-1998.
- Pisoni, D. B. & Cleary, M. (2003). Measure of working memory span and verbal rehearsal speed in deaf children after cochlear implantation. *Ear and Hearing*, 24, 106-120.
- Pollak, D. (1970). Educational audiology for the limited hearing infant. Springfield, IL; Charles C Thomas.
- Swanson, H. L. & Berninger, V. W. (1996). Individual differences in children's working memory and writing skills. *Journal of Experimental Child Psychology*, 63(2), 358-385.

- Tobey, E. A., Geers, A. E., Sundarajan, M. & Lane, J. (2011). Factor influencing elementary and high-school aged cochlear implant users. *Ear and Hearing, 32*(1), 27S-38S.
- Tomblin, B. J., Barker, B. A., Spencer, L. J., Zhang, X. & Gantz, B. J. (2005). The effect of age at cochlear implant initial stimulation on expressive language growth in infants and toddlers. *Journal of speech, Language and Hearing Research, 28*, 853-867.
- Tomblin, B. J., Oleson, J. J., Ambrose, S. E., Walker, E. & Moeller, M. P. (2014). The influence of hearing aids on the speech and language development of children with hearing loss. *JAMA Otolaryngology Head Neck Surgery, 140*(5), 403-409.
- Vermeulen, A. M., Van Bon, W., Schreuder, R., Knoors, H. & Snik, A. (2007). Reading comprehension of deaf children with cochlear implants. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education, 12*(3), 283-302.
- Weismer, S. E., Evans, J. & Hesketh, L. J. (1996). An examination of verbal working memory capacity in children with specific language impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 42*(5), 1249-1260.
- Wilson, B. S. (2000). Cochlear Implant technology. In Niparko, J., Kirk, K., Robnins, A., Tucci, D., & Willson, B. (Eds.). *Cochlear Implant: Principle and Practice*. 109-127. Williams & Wilkins.
- Woods, D. L., William, E. & Herron, H. J. (2010). Measuring consonant identification in nonsense syllables, words, and sentences. *Journal of Rehabilitation Research & Development, 47*(3), 243-260.
- Wouters, J., McDermott, H. J. & Francart, T. (2015). Sound coding in cochlear implants: from electric pulses to hearing. *IEEE Signal Processing Magazine, 32*(2), 67-80.
- Yoshinaga-Itano, C. & Apuzzo, M. L. (1998). The development of deaf and hard of hearing children identified early through the high-risk registry. *American Annals of the Deaf, 143*(5), 416-424.

A Comparative Study on Working Memory Ability of School-Aged Children with Cochlear Implants or Hearing Aids

Jang, Jae Jin

H. H. K. Hearing & Speech Center

Chang, Son A

Seoul National University Hospital, Department of Otorhinolaryngology-Head & Neck Surgery

<Abstract>

Purpose: This study investigated the differences in working memory performance according to the presence of hearing loss(HL) and the types of hearing prostheses. The correlations among the variables in the subject groups were also examined. **Methods:** A total of 45 children participated in this study with 15 children in each group; those fitted with cochlear implants(CI), those wearing hearing aids(HA), and those with typical hearing(TH). The language-age for all children was 9 years and their chronological ages ranged between 8 to 10 years. We compared working memory ability through completion of four different tasks; (1a) forward digit span, and (1b) nonsense sentence repetition task related to phonological functions; (2a) backward digit span, and (2b) reading span related to central executive function. **Results:** All the children with HL showed significantly lower performance in working memory tasks than the children with TH. The children with HL showed comparable language abilities which may mask the deficits in their working memory skills. The children fitted with CI achieved significantly better results in nonsense sentence repetition task than those wearing HA. There was no significant difference between the two groups when completing the other three tasks. There were relatively small numbers of significant correlations among the variables in all three groups. Despite of comparable intelligence, speech perception and language abilities, children with HL showed significantly lower working memory performance than children with TH. Children with CI scored better in all the 4 working memory tasks than children with HA with significant difference in the nonsense sentence task. There should be the various discussion about working memory and the measurement of it.

Key Words : hearing impairment, working memory, cochlear implants, hearing aids

논문 접수: 2018. 08. 09 심사 시작: 2018. 08. 14 게재 확정: 2018. 09. 20