

# 인공와우 이식 아동에 있어서 작업기억용량과 수술 후 언어능력과의 관계

조응경 · 성지은<sup>§</sup> · 심현섭  
이화여자대학교 사범대학 언어병리학과

**배경 및 목적:** 인공와우 이식 아동의 수술 후 언어능력에 관한 개인차를 설명할 수 있는 근본적 기제에 관한 관심이 대두되고 있다. 이 중, 작업기억용량은 언어정보 유지 및 처리와 관련하여 다양하게 연구되어 왔다. 본 연구에서는 인공와우 이식 아동의 수술 후 언어능력에 있어서 언어·인지적 근본기제로서 작업기억용량이 미치는 영향에 대해 살펴보고자 하였다. **방법:** 선천성 농 혹은 고심도 청각장애로 인공와우 이식 수술을 받은 7~9세 아동 20명을 대상으로 하였다. 언어능력은 표준화된 검사인 『수용·표현 어휘력 검사』 및 『구문의미이해력 검사』로 평가하였고, 작업기억용량은 단어 바로 및 거꾸로 지시하기 과제로 측정하였으며 두 과제의 평균을 작업기억용량의 지표로 사용하였다. 인공와우 이식 수술연령과 인공와우 사용기간, 생활연령, 그리고 작업기억용량 중에서 수용어휘력과 구문이해력을 유의하게 예측하는 변수를 단계적 중다회기분석을 통해 알아보았다. 그리고 작업기억용량에 따라 두 집단으로 구분하여 인공와우 이식 수술연령 및 인공와우 사용기간, 그리고 생활연령을 통제하였을 때 수용어휘력과 구문이해력간의 차이를 살펴보았다. **결과:** 단계적 중다회기분석 결과, 인공와우 이식 수술연령, 인공와우 사용기간, 생활연령, 작업기억용량 중에서 수용어휘력과 구문이해력을 유의하게 예측하는 변수는 작업기억용량인 것으로 나타났다. 인공와우 이식 수술연령 및 인공와우 사용기간과 생활연령을 통제하였을 때 작업기억용량에 따라 수용어휘력과 구문이해력 간의 차이가 유의미한 것으로 나타났다. 즉, 작업기억용량이 높은 집단이 구문이해력에서 작업기억용량이 낮은 집단에 비해 유의하게 수행력이 향상되었으나 수용어휘력에서 집단 간 수행력의 차이는 크지 않은 것으로 나타났다. **논의 및 결론:** 작업기억용량이 인공와우 이식 수술연령, 인공와우 사용기간, 생활연령 변수에 비해 수용어휘력과 구문이해력을 유의미하게 예측하였으며, 작업기억용량이 높은 집단이 낮은 집단에 비해 구문이해력에서 높은 수행력을 보이는 것으로 나타났다. 즉, 이러한 결과는 작업기억용량이 다른 변수에 비해 언어능력에 기여도가 높은 변수이며, 언어처리부담이 높은 구문이해력에서 나타나는 개인차를 설명할 수 있는 근본기제로 작용하고 있음을 시사한다. 『언어청각장애연구』, 2012;17:79-91.

**핵심어:** 인공와우 이식 아동, 작업기억용량, 구문이해력, 수용어휘력

<sup>§</sup> 교신저자  
성지은  
이화여자대학교 언어병리학과 교수  
서울특별시 서대문구 대현동  
11-1번지 이화여자대학교  
진선미관 217호  
e-mail: jeesung@ewha.ac.kr  
tel. 02-3277-2208

## I. 서론

지금까지 인공와우 이식 수술을 받은 아동들이 수술 후 말 지각 능력, 말 산출, 그리고 언어능력에서 보이는 매우 다양한 결과와 개인차에 대해 많은 연구들이 진행되어 왔다(Geers, 2002; Geers et al., 2009; 2011; Geers, Nicholas & Sedey, 2003; Kirk & Hill-rowen, 1985; Kirk et al., 2002; Spencer, 2004; Nicolas & Geers, 2007; Pisoni et al., 2000). 인구통계학적 측면

에 초점을 둔 연구들은 수술연령, 잔존청력, 청력손실 기간, 인공와우 사용기간, 의사소통 방법, 언어중재 양, 청각장애 원인 등을 수술 후 청각·언어적 수행력에 영향을 미치는 주요 요인으로 보고하였다(Geers, 2006; Geers et al., 2009; Nicolas & Geers, 2007; Kirk et al., 2002). 이 중에서도 수술연령은 가장 중요한 요인으로 수술 전후의 향상도를 비교하여 ‘임상적 효과성’을 입증하거나 정상아동과 ‘자기 생활연령에 적합성 (Age-appropriate)’을 비교함으로써 강조되어 왔으나

■ 게재 신청일: 2012년 1월 18일 ■ 최종 수정일: 2012년 2월 29일 ■ 게재 확정일: 2012년 3월 5일

© 2012 한국언어청각임상학회 <http://www.kasat1986.or.kr>

(Colletti, 2009; Hayes et al., 2009; Nicolas & Geers, 2007; Tye-Murray, Spencer & Gilbert-Bedia, 1995; Waltzman & Cohen, 1998), 최적의 수술 시기에 대한 논의는 여전히 지속되고 있다(Houston & Miyamoto, 2010).

구어 언어발달에 있어서 수술연령의 효과를 나타내는 이전 연구들은 인공와우 이식 수술을 받은 학령 전 아동들을 대상으로 수술연령별 비교나(Hammes et al., 2002) 연령을 맞춘 정상청력 아동과의 수행도 비교(Nicolas & Geers, 2007), 혹은 표준화된 검사를 사용한 또래 아동과의 비교를 통해(Geers, 2006; Geers et al., 2009; Hayes et al., 2009) 2세 이전의 인공와우 이식 수술을 제안하였다. 더 나아가 최근에는 1세 미만 수술에 대한 주장도 활발하다(Dettman et al., 2007; Colletti, 2009).

그러나, 조기 인공와우 이식 수술을 통한 청각적 보상과 적절한 중재가 이루어진 아동들도 수술 후 언어 능력이 있어서 다양한 개인차를 나타내었다(Geers, Nicholas & Sedey, 2003). 언어능력이 자기 생활연령에 적합한 수준(Age-appropriate)에 도달한 아동들도 있지만, 자기 연령을 기준으로 45%~75%의 폭넓은 성취수준을 보이며(Spencer, 2004) 많은 수의 아동들이 지체를 보였다. 어휘력에서는 50% 이상이 또래 아동의 평균 수준에 속하나 길이와 복잡성을 증가시킨 구어 지시이해 과제나 개념 및 의미관계 이해 과제에서는 33%만이 또래아동의 평균 수준에 속하며(Geers et al., 2009) 보다 저조한 수행도를 보였다. 연령이 증가되었을 때도 이러한 차이는 지속되었고(Geers et al., 2009; 2011), 정상아동의 평균과 비슷한 수준의 어휘력을 성취한 경우라도 문장이해력은 낮은 수준을 나타내었다(Spencer, 2004). 또한, 학령 전 아동들을 대상으로 수술연령과 청각장애 연령(onset deaf age)을 통제 한 연구결과도 언어발달에서 다양한 개인차를 보고하였으며(O'Donoghue, Nikolopoulos & Archbold, 2000; Pisoni et al., 2000), 인공와우 이식 수술 후 4년이 경과했을 때 수술연령과 구어 의사소통 능력간에는 유의한 상관관계를 보이지 않는다는 선행연구도(Tobey et al., 2003) 있다.

최근에는 청각적 처리과정과 같은 신경학적 요인이나 인지능력과 관련된 보다 근본적인 요인에 대한 관심이 대두되고 있다(Pisoni et al., 2000; Sharma, Nash & Dorman, 2009). 중추 청각계의 발달적 가소성과 관련된 연구들은 청각장애 아동들의 경우 청각적

박탈로 인해 뇌가 신경학적인 변화를 보이게 되는데 인공와우 이식을 통해 중추 청각 구조가 감각적 입력에 대해 반응함으로써 기능적인 재조직화가 이루어진다고 주장하였다(Sharma, Dorman & Spahr, 2002; Shephard et al., 1997). 그리고 이것을 전기생리학적 유발전위(electrophysiological evoked potential) (Ponton et al., 1996) 또는 대뇌피질의 청각 유발 전위(cortical auditory-evoked potential) (Sharma, Dorman & Spahr, 2002; Sharma et al., 2007; Sharma, Nash & Dorman, 2009) 등을 통해 입증하고 있다.

이러한 신경학적 접근 이외에도 정보처리와 관련된 인지적 기제로서 작업기억용량의 개인차를 통해 인공와우 이식 수술 후 언어능력과 관련된 변인을 설명하고자 하는 연구들도 있다(Adams & Gathercole, 2000; Pisoni et al., 1997; 2000). 이 때, 작업기억용량은 정보를 일시적으로 저장하고 동시에 처리, 조작할 수 있는 기억기제로 정의되고(Baddeley & Hitch, 1974), 언어 정보의 처리와 관련된 근본적인 인지적 기제로서 다양하게 연구되어 왔다. 작업기억용량은 대부분 숫자 폭 과제(Fagan et al., 2007; Pisoni & Geers, 2000)나 순서화된 색 기억과제(Cleary, Pisoni & Kirk, 2002), 그리고 무의미단어 따라말하기(Dillon et al., 2004; Willstedt-Svensson et al., 2004) 등과 같이 청각-언어적 처리과정과 관련된 언어적 작업기억과제를 청각적으로 제시하여 측정되었다. 이전 연구들은 정상아동(고선희 · 최경순 · 황민아, 2009; 이소은 · 조미라 · 이윤경, 2010; Montgomery, Magimaariaj & O'Malley, 2008) 뿐만 아니라 단순언어장애 아동(권유현 · 김영옥, 2004; 김성수, 2004; Montgomery, 2000; Montgomery & Evans, 2009)을 대상으로 하여, 어휘습득(김성수, 2004; Metsala, 1999), 문장처리와 이해(권유현 · 김영옥, 2004; Montgomery & Evans, 2009; Montgomery, Magimaariaj & O'Malley, 2008), 그리고 담화이해(고선희 · 최경순 · 황민아, 2009; 이소은 · 조미라 · 이윤경, 2010; Florit, Levorato & Roch, 2009)와 작업기억용량과의 관련성을 보고하고 있다. 특히, 단어들의 의미조합 및 구문처리가 요구되는 문장이해과정은 작업기억용량과 매우 밀접한 관계가 있으며, 문장 처리와 관련된 구어 작업기억용량은 언어적 정보를 유지하고 처리하여 정보를 통합하는 인지적 기제로 정의되었다(Just & Carpenter, 1992). 7~10세의 단순언어장애 아동과 정상발달 아동들 대상으로 무의미단어 따라말하기 검사와 문장이해 과제를 사용하여 작업기

억용량과 언어이해능력 간의 관계를 살펴본 연구에서 (Marton & Richard, 2003), 단순언어장애 아동들은 동시적인 정보처리 및 주의용량에서 제한을 나타냈다. 학령 전 아동을 대상으로 한 연구에서도 단순언어장애 아동들은 정상아동들에 비해 언어적 작업기억용량을 효율적으로 사용하는데 어려움을 보이며 작업기억용량과 문장이해 능력과의 관련성을 시사했다(권유현 · 김영옥, 2004).

인공와우 이식 아동을 대상으로 한 연구들에서도 작업기억용량은 정상청력 아동과 비교했을 때 유의미하게 낮은 것으로 보고되었고(Dillon et al., 2004; Watson et al., 2007), 또한 작업기억용량은 수술연령이나 말소리 지각 능력, 그리고 언어능력과도 높은 관련성을 나타내었다(Adams & Gathercole, 2000; Dillon et al., 2004; Fagan et al., 2007; Houston et al., 2005; Pisoni et al., 2000; Willstedt-Svensson et al., 2004). 그러나 언어능력에 대한 상당수의 연구들은 어휘력을 중심으로 이루어져 왔고(Connor et al., 2006; Dawson et al., 2002; Dettman et al., 2007; Houston & Miyamoto, 2010), 구문이해력과 관련된 연구는 매우 제한적이다. 문장수준의 과제가 포함된 연구들은 학령 전 아동의 경우에 표준화된 수용언어 능력 검사를(Geers, 2006; Geers et al., 2009; Nicolas & Geers, 2007; Pisoni et al., 2000), 학령기 아동의 경우에는 하위 항목으로 구성된 구문과 문법 과제 등을(Watson et al., 2007; Willstedt-Svensson et al., 2004) 사용하여 이루어졌다. 실제적인 의사소통에 있어서, 특히 학령기의 언어발달에 있어서 어휘력과 더불어 구문과 문법, 의미를 포함한 구문이해력은 매우 중요한 부분을 차지한다.

따라서, 본 연구에서는 수용어휘력뿐만 아니라 구문이해력을 포함하여 학령기 인공와우 이식 아동의 수술 후 언어능력과 작업기억용량과의 관계를 알아보고자 하였다. 이를 위해 1) 인공와우 이식 수술연령, 인공와우 사용기간, 생활연령, 작업기억용량 중, 수용어휘력 및 구문이해력을 유의하게 예측하는 변수가 무엇인지 살펴보고, 2) 인공와우 이식 수술연령 및 인공와우 사용 기간, 그리고 생활연령을 통제하였을 때, 작업기억용량에 따라 수용어휘력 및 구문이해력에 유의한 차이가 있는지를 살펴보았다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구의 대상은 선천적 농 혹은 고심도 청각장애로 만 3세 이전에 인공와우 이식 수술을 받았고, 심한 내이기형이나 중복장애가 없는 7~9세의 아동 20명(남:여 = 11: 9)을 대상으로 하였다. 대상아동들은 듣기만으로(Auditory only condition: AO, 이하 AO) 보기가 없는 조건(Open-set) 단음절어 지각 검사에서 80%이상 정반응하였고, 청각적 수행능력은 CAP (Categories of Auditory Performance) 점수 6 이상에 속하였다. 인공와우 이식 수술 후 청각-구어 중심의 언어중재를 받았으며, 모두 일반학교에 통합하여 교육받고 있다. 대상아동에 대한 정보는 <표 - 1>과 같다.

<표 - 1> 대상아동 정보 (N=20)

	평균	표준 편차	최소값	최대값
인공와우 이식 수술연령(개월)	25	6.39	12	36
생활연령(개월)	98	10.2	85	113
인공와우 사용기간(개월)	73.60	12.42	49	97
단음절어 지각 검사점수(%)	95.4	5.08	83	100
CAP 점수	6.9	0.03	6	7
순음청력검사(dB)	27.75-	2.55-	25-	30-
(0.5K-1K-2K-4K-8K)	29.50-	2.76-	25-	35-
	28.50-	3.66-	25-	35-
	29.75-	1.97-	25-	35-
	29.75	1.97	25	35

### 2. 연구 과제

#### 가. 언어능력

대상아동의 언어능력은 수용어휘력과 구문이해력으로 평가하였다. 수용어휘력은 『수용·표현어휘력검사』(김영태 외, 2009)로, 구문이해력은 『구문의미이해력 검사』(배소영 외, 2004)로 실시하였다.

## 나. 작업기억용량

작업기억용량은 언어적 작업기억과제인 단어 폭 지시하기 과제(성지은, 2011)를 대상아동들의 청각적 제한에 따른 영향을 최소화하기 위해 시각적으로 제시하여 실시하였다. 단어 폭 지시하기 과제는 단어 바로 지시하기(Word Forward: WF, 이하 WF)와 단어 거꾸로 지시하기(Word Backward: WB, 이하 WB)로 구성되어 있으며, WF과제는 3~9개의 단어로, 그리고 WB과제는 2~9개의 단어로 되어 있다. 각 단계마다 시행 1과 시행 2로 나눈 두 개의 항목을 제시하도록 되어 있다. 본 연구에서는 각 항목별로 단어 그림을 보고 난 후 바로 단어판을 제시하여 반응하도록 하였다.

## 3. 연구 절차 및 자료 분석

『수용·표현어휘력 검사』 중 수용어휘력 검사, 『구문의미이해력 검사』, 그리고 단어 폭 지시하기 과제들은 무선위 할당을 통해 검사를 실시하는 것을 원칙으로 하였고, 단어 폭 지시하기 과제는 순서대로 시행하는 과제를 먼저 시행하고 연결하여 역순 과제를 실시하였다.

『수용·표현어휘력 검사』 중 수용어휘력 검사와 『구문의미이해력 검사』는 각각의 검사 절차와 방법에 맞춰서 실시하였고, 모두 구어로만 제시하되 듣기만으로 (Auditory only condition: AO) 혹은 입 모양을 강조하지 않은 상태에서 듣기와 보기로(Auditory and Visual condition: AV) 실시하였다. 통계적 처리를 위해 각각의 검사결과에서 정반응 수/전체 항목 수 × 100으로 정반응율을 산출하여 종속변수로 사용하였다.

단어 폭 지시하기 과제의 모든 검사 항목은 컴퓨터를 통해 시각적으로 제시되었으며, 각 항목들은 1초에 1개씩 제시될 수 있도록 하였다. WF과제는 일련의 단어들을 보고 난 뒤 순서대로 그림판에 제시된 단어 그림들을 지시하도록 되어 있고, WB과제는 역순으로 지시하도록 되어 있다. 단계마다 2항목씩 실시하며 2개의 항목 중 1개라도 정반응하면 다음 단계로 계속 시행하지만, 2개 항목 모두 오반응할 경우 시행을 중단하게 된다. 본 검사에 들어가기 전에 검사지시를 충분히 숙지하도록 하였고, 2개의 연습문항을 실시하였다. 검사 지시문은 성지은(2011)과 동일하게 사용되 시각적 지시를 위해 지시문의 용어들을 일부 수정하였다(지시문은 <부록 - 1> 참조). 검사 채점은 WF과제와 WB과제별로 각각 정반응 수를 계산하였다. 그리

고 작업기억용량을 나타내는 지표로는 WF와 WB의 평균값(WF 정반응 수 + WB 정반응 수 / 2) 을 사용하였다.

## 4. 통계 분석

수집된 자료들은 단계적 중다회기분석(stepwise multiple regression analyses)과 공변량분석(Analysis of Covariance: ANCOVA, 이하 ANCOVA)을 사용하여 통계분석을 실시하였다.

## Ⅲ. 연구 결과

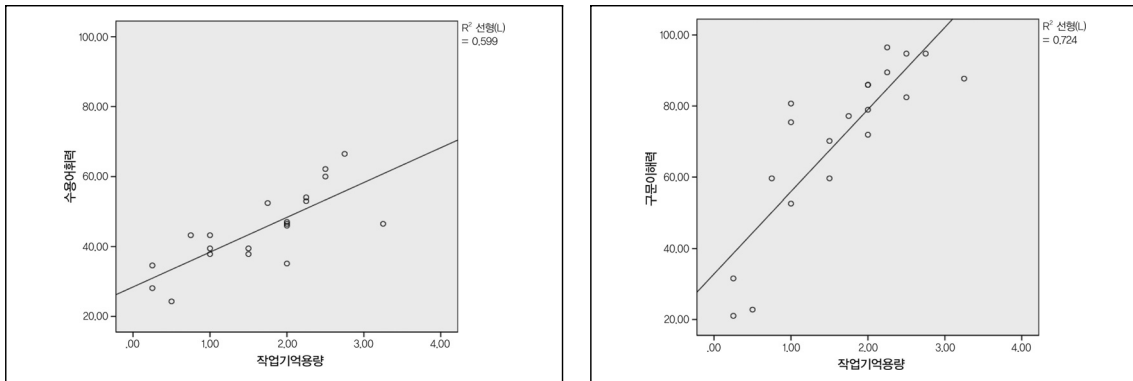
### 1. 대상아동의 언어능력과 작업기억용량

대상아동이 『수용·표현어휘력 검사』 중 수용어휘력 검사와 『구문의미이해력 검사』에서 수행한 평균 정반응율은 각각 44.87%와 70.97%로 나타났고, 각각을 수용어휘력과 구문의해력이라고 지칭하였다. 작업기억용량의 평균은 1.65로 나타났다. 수용어휘력과 구문의해력, 그리고 작업기억용량에 대한 기술통계는 <표 - 2>와 같다.

<표 - 2> 대상아동의 언어능력과 작업기억용량에 대한 기술통계량(N=20)

	평균	표준편차	최소값	최대값
수용어휘력 (정반응율%)	44.87	10.95	24.32	66.49
구문의해력 (정반응율%)	70.97	23.12	21.05	96.49
작업기억용량				
WF	2.25	1.03	0.5	4
WB	1.10	0.97	0	3
WF, WB의 평균	1.65	0.85	0.25	3.25

주성분분석(Principal component analysis)을 통해 WF 및 WB가 하나의 변인으로 묶여지는지 살펴본 결과, 하나의 요인이 총 분산의 84%를 설명하는 것으로 나타나 WF와 WB의 평균을 작업기억용량을 나타내는 지표로 사용하였다.



<그림-1> 수용어휘력 및 구문이해력과 작업기억용량에 대한 대상자 산포도(N=20)

**2. 수용어휘력과 구문이해력 예측변수**

인공와우 이식 수술연령, 인공와우 사용기간, 생활연령, 작업기억용량을 독립변수로 단계적 중다회귀분석을 실시하였다. 독립변수 간의 다중공선성을 진단하기 위한 공차한계는 최대가 0.999, VIF는 1.01로서 독립변수 간의 상관성이 문제가 될 정도로 높지 않음을 알 수 있다. 수용어휘력의 경우, 네 가지 독립변수 중 작업기억용량이 유일하게 유의한 예측변수인 것으로 나타났다( $F_{(1, 18)}=25.27, p < .0001$ ). 인공와우 이식 수술연령(진입베타값= 0.165,  $t = 1.092, p = .290$ ), 인공와우 사용기간(진입베타값= 0.117,  $t = .761, p = .457$ ) 및 생활연령(진입베타값= 0.252,  $t = 1.743, p = .0999$ )은 유의하지 않은 변수로 제외되었다. 구문이해력을 유의하게 예측하는 변수 또한 작업기억용량인 것으로 나타났다( $F_{(1, 18)} = 48.148, p < .0001$ ). 인공와우 이식 수술연령(진입베타값= 0.008,  $t = .066, p = .949$ ), 인공와우 사용기간(진입베타값= 0.109,  $t = .877, p = .393$ ) 및 생활연령(진입베타값= 0.140,  $t = 1.141, p = .270$ )은 회귀모형에서 유의하지 않은 변수로 제외되었다.

각 종속변수에 관한 작업기억용량과의 산포도는 <그림 - 1>에 제시하였으며, 단계적 회귀분석 결과는 <표 - 3>에 제시하였다.

**3. 작업기억용량과 수용어휘력 및 구문이해력**

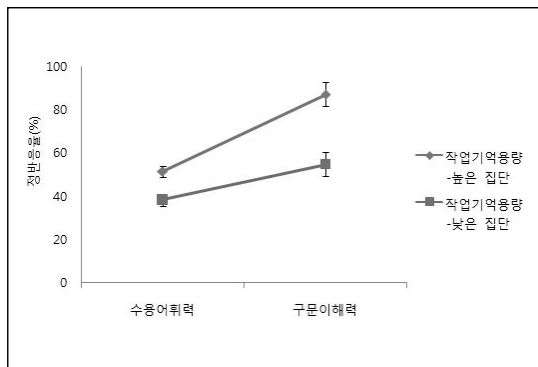
작업기억용량에 따라 수용어휘력 및 구문이해력에 차이가 있는지를 살펴보기 위해, 작업기억용량의 중앙값을 기준으로 자료를 이분화하여(Median-split) 작업기억용량이 높은 집단과 낮은 집단으로 분류하였다. 인공와우 이식 수술연령, 인공와우 사용기간 및 생활

<표 - 3> 단계적 중다회귀분석에서 수용어휘력 및 구문이해력을 유의하게 예측한 작업기억용량에 관한 회귀계수 요약

종속변수	비표준화 계수		표준화 계수	t	F <sup>2</sup> (adj. R <sup>2</sup> )
	β	표준 오차			
수용어휘력	9.619	1.914	.764	5.027***	.764 (.584)
구문이해력	22.671	3.267	.853	6.939***	.853 (.728)

\*\*\*  $p < .0001$

연령을 공변량으로 통제한 후, 작업기억용량 및 과제유형(수용어휘력 vs. 구문이해력)을 독립변수로 하고 『수용·표현어휘력 검사』 중 수용어휘력 검사와 『구문의미이해력 검사』에서 수행한 정반응율을 종속변수로 하여 ANCOVA를 실시하였다. 과제유형에 관한 주효과는 유의하지 않았으나( $F_{(1, 16)} = .661, p > .05$ ), 작업기억용량에 관한 주효과는 유의하였다( $F_{(1, 16)}=18.437, p < .01$ ). 즉, 작업기억용량이 높은 집단이 수용어휘력 및 구문이해력에서 작업기억용량이 낮은 집단에 비해 높은 수행력을 보이는 것으로 나타났다. 작업기억용량 × 과제유형에 관한 이차상호작용 또한 통계적으로 유의하였다( $F_{(1, 16)} = 10.925, p < .005$ ). 이차상호작용은 구문이해력에서의 집단 간 차이가 수용어휘력에서의 집단 간 차이에 비해 크기 때문인 것으로 나타났다. 즉, <그림 - 2>과 같이 작업기억용량이 높은 집단의 경우, 낮은 집단에 비해 구문이해력에서 높은 수행력을 보였지만, 수용어휘력에서의 집단 간 차이는 크지 않은 것으로 나타났다.



<그림 - 2> 작업기억용량에 따른 교정된 수용어휘력 및 구문이해력 정반응율

#### IV. 논의 및 결론

지금까지 인공와우 이식 수술 후 구어발달의 개인차에 영향을 미치는 다양한 변인들에 관해 많은 연구는 수술연령을 중요한 변인으로 보고하고 있으나(Colletti, 2009; Hayes et al., 2009; Nicolas & Geers, 2007; Tye-Murray, Spencer & Gilbert-Bedia, 1995; Waltzman & Cohen, 1998), 최근에는 청각적 보상이 조기에 이루어진 아동들도 수술 후 언어능력은 다양한 개인차를 보이는 것으로 나타났다(Geers et al., 2009; Geers, Nicholas & Sedey, 2003). 어휘력에 비해 구문과 문법, 문장이해력에서 더 큰 개인차가 관찰되며, 생활연령이 증가되었을 때도 개인차는 지속되었다(Geers et al., 2009; 2011; Geers, Nicholas & Sedey, 2003).

본 연구에서는 인공와우 이식 아동들이 수술 후 언어능력에서 보이는 개인차, 특히 어휘와 문장 수준 수행도 간의 차이와 관련된 변인을 알아보고자 3세 이전에 인공와우 이식 수술을 받고 CAP 점수 6 이상의 청각적 수행력을 보이는 아동들의 수용어휘력 및 구문이해력을 시간적 변수 및 언어-인지적 변수로 함께 비교, 분석하였다. 인공와우 이식 수술 후 수용어휘력 및 구문이해력을 예측하는 시간적 변수로 수술연령, 인공와우 사용기간, 생활연령을, 그리고 언어-인지적 변수로 작업기억용량을 포함하여 살펴보았다. 그 결과, 수술 후 인공와우 이식 아동의 수용어휘력과 구문이해력을 예측하는데 인공와우 이식 수술연령이나 인공와우 사용기간, 그리고 생활연령보다는 작업기억용량이 수용어휘력 및 구문이해력과 높은 관련성을 보이며 유의미한 변수로 나타났다. 인공와우 이식 수술연령 및 인공와우 사용 기간, 그리고 생활연령을 통제하

였을 때, 작업기억용량에 따른 수용어휘력 및 구문이해력의 차이를 살펴본 결과, 수용어휘력에 비해 구문이해력에서 작업기억용량에 따라 유의하게 큰 차이를 보였다.

연구결과를 중심으로 살펴보면, 첫째, 작업기억용량이 인공와우 이식 수술 후 수용어휘력과 구문이해력을 예측하는데 보다 유의한 변수로 나타났다. 이러한 결과는 수술연령 외에도 개인차와 관련된 다른 요인들로 작업기억용량과 전반적인 언어능력과의 관련성을 보고한 연구들(Geers, 2003; Geers, Nicholas & Sedey, 2003; Pisoni et al., 2000) 비롯하여 작업기억용량이 인공와우 이식 아동의 어휘 및 문장이해력과 정적으로 유의한 상관관계를 보이고(Pisoni et al., 2000), 어휘 습득 및 문법발달에 있어 유의미한 예측변수임이 보고한(Willstedt-Svensson et al., 2004) 기존의 연구결과와 일치한다. 반면, 수술연령 또는 인공와우 사용기간은 수용어휘력 또는 구문이해력을 유의하게 예측하지 못하는 것으로 나타났다. 즉, 3세 이하로 비교적 어린 연령에 청각적 제한에 대한 보상이 이루어졌고, 수술 후 평균 6년으로 상당한 시간이 경과한 인공와우 사용기간은 언어능력과 유의한 관련을 보이지 않았다. 이는 수술연령을 통제한 조건에서도 언어능력의 개인차를 보고한 연구결과나(O'Donoghue, Nikolopoulos & Archbold, 2000; Pisoni et al., 2000) 인공와우 이식 수술 후 4년이 경과한 이후에는 수술 연령과 구어 의사소통 능력간에 상관관계가 유의미하지 않았다는 연구보고(Tobey et al., 2003)와 맥락을 같이 한다고 하겠다.

둘째, 인공와우 이식 수술연령, 인공와우 사용기간 및 생활연령을 통제하였을 때, 수용어휘력과 구문이해력은 작업기억용량에 따라 차이를 보였고, 구문이해력에서 보다 유의하게 큰 차이를 나타냈다. 즉, 작업기억용량이 높은 집단은 구문이해력에서 작업기억용량이 낮은 집단에 비해 높은 수행력을 보이는 것으로 나타났다. 수용어휘력에서의 집단 간 차이는 크지 않았다. 이것은 작업기억용량에 관한 개인차가 수용어휘력이라는 단어 수준보다 문장 수준의 구문이해력에 더 큰 영향을 미치는 것으로 해석될 수 있다. 실제적으로 단어 수준의 이해와는 달리 문장 수준의 이해를 성취하기 위해서는 청각적인 요소뿐만 아니라 의미, 문법, 음운과 같은 언어적 요소, 기억을 포함하는 인지적 요소, 그리고 시간적인 요소들이 복합적으로 작용하기 때문이다. 따라서, 일련의 복합적인 과정 속에서,

복잡한 언어처리 및 통합이 요구되고 인지적 요구가 증가된 복잡하고 긴 문장의 이해와 작업기억용량이 관련되어 있다는 주장을 지지한다(Ellis Weismer et al., 2000; Montgomery, 2000; Montgomery & Evans, 2009; Montgomery, Magimaariaj & O'Malley, 2008). 또한, 청각장애 아동의 경우에 단어 보다는 문장 수준에서 더 많은 청각적 단서를 포함하고 있어 작업기억용량에 따른 집단 간 차이가 수용어휘력 보다는 구문이해력과 더 큰 관련성을 보이는 것으로 해석될 수 있다.

셋째, 청각적인 제한에 따른 영향을 최소화하고자 본 연구에서는 언어적 작업기억과제를 시각적으로 제시하여 작업기억용량을 측정하였으나 청각-언어적으로 제시한 선행 연구와 일치된 결과를 보였다. 이러한 결과는 과제 제시 양상에 따른 차이와 관계없이 작업기억용량에 따른 개인차가 언어 전반적 처리과정에 미치는 영향이 클 수 있음을 시사한다. 선행 연구들에서는(Cleary, Pisoni & Kirk, 2002; Dillon et al., 2004; Fagan et al., 2007; Pisoni & Geers, 2000; Willstedt-Svensson et al., 2004) 작업기억용량을 평가하기 위해 숫자 폭 과제와 순서화된 색 기억과제, 그리고 무의미단어 따라말하기 등과 같은 청각-언어적 처리과정과 관련된 작업기억과제를 청각적으로 제시하여 사용하였다. 반면에 본 연구에서는 대상아동들이 AO로 보기가 없는 조건(Open-set) 단음절어 지각 검사에서 80%이상 정반응하고, 청각적 수행능력이 CAP 점수 6 이상이라고 하더라도, 작업기억용량을 평가하는 언어적 과제를 수행할 때는 음운적-기억 관련 처리과정이 필요하고 이 과정에는 청각적인 지각이 포함되므로, 이에 따른 영향을 고려하여 시각적으로 제시하였다. 그러나 청각적으로 제한적 경험을 가진 인공와우 이식 대상자들에게 시각적 과제 제시를 통해 나타난 본 연구 결과 또한 기존의 연구와 일치하였음을 알 수 있다.

연구결과를 정리해보면, 작업기억용량은 인공와우 이식 아동의 수술 후 수용어휘력 및 구문이해력과 높은 관련성을 보이고, 작업기억용량이 다른 두 집단 간의 비교를 통해 살펴본 결과, 언어과제 유형(수용어휘력 vs. 구문이해력)에 따라 작업기억용량의 개인차가 미치는 영향이 다를 수 있었다. 즉, 작업기억용량의 집단 간 차이는 인지적 처리부담이 증가된 구문이해력에서 두드러지게 나타났으나, 수용어휘력과 같이 비교적 언어적 처리부담이 낮은 과제에서는 작업기억용량에 따른 차이가 크지 않은 것으로 나타났다. 이러

한 결과는 작업기억용량의 개인차가 인지적 처리부담이 큰 과제에서 보다 극명하게 나타난다고 말한 작업기억용량 이론과 일치한다(Just & Carpenter, 1992).

인공와우 이식 아동을 대상으로 작업기억용량에 따른 언어처리의 개인차에 관한 연구는 다양화되고 있으나 여전히 제한적이고, 단순히 언어과제와의 상관관계를 중심으로 한정되거나 작업기억용량 평가에서 청각-언어적 제시를 통한 제한된 과제를 사용하고 있다. 이에 본 연구에서는 시각적인 과제 제시 양상을 사용하여 작업기억용량과 언어 과제 유형에 따른 관계를 보다 근본적으로 접근하여 살펴보려 했는데 의의가 있다. 그러나 변수에 비해 대상자 수가 한정되어 있고 작업기억용량 및 언어능력을 평가하기 위한 과제도 제한되어 있어 향후에는 보다 많은 수의 다양한 연령층을 대상으로 한 연구들과 함께 보다 다양한 작업기억용량 과제를 활용하여 여러 가지 변인들을 고려한 연구들을 바탕으로 인공와우 이식 아동의 작업기억용량 손상여부에 관한 심층적인 연구가 이루어질 필요가 있다. 또한, 인지적 처리부담이 증가된 문장 처리과제의 다양화를 통해 인공와우 이식 아동의 수술 후 예후 및 전반적 언어처리능력에 영향을 주는 근본적인 기제에 관한 지속적인 고찰이 필요하다.

## 참 고 문 헌

고선희 · 최경순 · 황민아(2009). 읽기 폭 과제로 측정한 정상 아동의 작업기억 발달. 『언어청각장애연구』, 14(3), 303-312.

권유현 · 김영옥(2004). 단순언어장애 아동의 언어성 작업기억 과 문장이해 간의 관계. 『언어청각장애연구』, 9(2), 33-48.

김성수(2004). 단순언어장애 아동의 기능적 작업기억과 학습 특성. 『언어청각장애연구』, 9(1), 78-99.

김영태 · 홍경훈 · 김경희 · 장혜성 · 이주연(2009). 『수용 · 표현 어휘력 검사(REVT)』. 서울: 서울장애인종합복지관.

배소영 · 임선숙 · 이지희 · 장혜성(2004). 『구문의미이해력 검사』. 서울: 서울장애인종합복지관.

성지은(2011). 말언어장애군의 단기기억 및 작업기억용량 측정을 위한 지시하기 과제 예비 연구. 『언어청각장애 연구』, 16(2), 185-201.

이소은 · 조미라 · 이윤경(2010). 초등학교 저학년 아동의 단락 듣기 이해와 작업기억 능력간의 관계. 『언어청각장애 연구』, 15(1), 56-65.

Adams, A. M., & Gathercole, S. E. (2000). Limitation in working memory: Implications for language development. *International Journal of Language and Communication*

- Disorders*, 35(1), 95-116.
- Baddeley, A., & Hitch, G. (1974). Working memory. In G. A. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (Vol. 8, pp 47-87). New York, NY: Academy Press.
- Cleary, M., Pisoni, D. B., & Kirk, K. I. (2002). Working memory spans as predictors of spoken word recognition and receptive vocabulary in children with cochlear implants. *Volta Review*, 102(4), 259-280.
- Colletti, L. (2009). Long-term follow-up of infants (4-11 months) fitted with cochlear implants. *Acta Oto-Laryngologica*, 129(4), 361-366.
- 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.
- Dawson, P. A., Busby, P. A., McKay, C.M., & Clark, G. M. (2002). Short-term auditory memory in children using cochlear implants and its relevance to receptive language. *Journal of Speech and Hearing Research*, 45, 789-801.
- Dettman, S. J., Pinder, D., Briggs, R. J., Dowell, R. C., & Leigh, J. R. (2007). Communication development in children who receive the cochlear implant younger than 12 months: Risks versus benefits. *Ear and Hearing*, 28, 11-18.
- Dillon, C. M., Cleary, M., Pisoni, D. B., & Carter, A. K. (2004). Imitation of nonwords by hearing-impaired children with cochlear implants: Segmental analysis. *Clinical Linguistic Phonology*, 18(1), 39-55.
- Ellis Weismer, S., Tomblin, B., Zhang, X., Buckwalter, P., Chynoweth, J., & Jones, M. (2000). Nonword repetition performance in school-age children with and without language impairment. *Journal of Speech and Hearing Research*, 43, 865-878.
- Fagan, M. K., Pisoni, D. B., Horn, D. L., & Dillon, C. M. (2007). Neuropsychological correlates of vocabulary, reading, and working memory in deaf children with cochlear implants. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 12(4), 461-471.
- Florit, E., Levorato, M. C., & Roch, M. (2009). Individual differences in preschoolers' text comprehension: Contributions of verbal abilities, short-term and working memory. *Proceedings of the 33rd Boston University Conference on Language Development*. Boston, MA.
- Geers, A. E. (2002). Factors affecting the development of speech, language, and literacy in children with early cochlear implantation. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 33, 172-183.
- Geers, A. E., Nicholas, J. G., & Sedey, A. L. (2003). Language skills of children with early cochlear implantation. *Ear and Hearing*, 24(1), 46s-58s.
- Geers, A. E. (2006). Factors influencing spoken language outcomes in children following early cochlear implantation. *Advances in Otorhinolaryngology*, 64, 55-65.
- Geers, A. E., Moog, J. S., Bienenstein, J., Brenner, C., & Hayes, H. (2009). Spoken language scores of children using cochlear implants compared to hearing age-mates at school entry. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 14(3), 371-385.
- 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 and Hearing*, 32(1), 84-92.
- Hammes, D. M., Novak, M. A., Rotz, L. A., Willis, M., Edmondson, D. M., & Thomas, J. F. (2002). Early identification and cochlear implantation: Critical factors for spoken language development. *Annals of Otolaryngology, Rhinology, and Laryngology, Supplement*, 189, 74-78.
- Hayes, H., Geers, A. E., Treiman, R., & Moog, J. (2009). Receptive vocabulary development in deaf children with cochlear implants: Achievement in an intensive auditory-oral educational setting. *Ear and Hearing*, 30, 128-135.
- Houston, D. M., Carter, A. K., Pisoni, D. B., Kirk, K. I., & Ying, E. A. (2005). Word learning in children following cochlear implantation. *Volta Review*, 105, 41-72.
- Houston, D. M., & Miyamoto, R. T. (2010). Effects of early auditory experience on word learning and speech perception in deaf children with cochlear implants: Implications for sensitive periods of language development. *Otology and Neurotology*, 31, 1248-1253.
- Just, M., & Carpenter, P. (1992). A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychological Review*, 99, 122-149.
- Kirk, K. I., & Hill-Brown, C. (1985). Speech and language results in children with a cochlear implant. *Ear and Hearing*, 6(3), 36s-47s.
- Kirk, K. I., Miyamoto, R. T., Ying, E. A., Perdew, A. E., & Zuganelis, H. (2002). Cochlear implantation in young children: Effects of age at implantation and communication mode. *Volta Review*, 102, 127-144.
- Marton, K. S., & Richard, G. (2003). Working memory capacity and language processes in children with specific language impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 46(5), 1138-1153.
- Metsala, J. L. (1999). Young children's phonological awareness and nonword repetition as a function of vocabulary development. *Journal of Educational Psychology*, 91, 3-19.
- 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.
- Montgomery, J. W., Magimaarij, B. M., & O'Malley, M. H. (2008). Role of working memory in typically developing children's complex sentence comprehension. *Journal of Psycholinguistic Research*, 37, 331-354.
- Montgomery, J. W., & Evans, J. L. (2009). Complex sentence comprehension and working memory in children with specific language impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 52, 269-288.



- Nicolas, J. G., & Geers, A. E. (2007). Will the catch up? The role of age at cochlear implantation in spoken language development of children with severe to profound hearing loss. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 50*, 1048-1062.
- O'Donoghue, G. M., Nikolopoulos, T. P., & Archbold, S. M. (2000). Determinants of speech perception in children after cochlear implantation, *Lancet, 356*, 446-468.
- Ponton, C., Don, M., Eggermont, J. J., Waring, M. D., & Masuda, A. (1996). Maturation of human cortical auditory function: Differences between normal-hearing children and children with cochlear implants. *Ear and Hearing, 17*(5), 430-437.
- Pisoni, D. B., Svirsky, M. A., Kirk, K. I., & Miyamoto, R. T. (1997). Looking at the stars: A first report on the interrelations among measures of speech perception, intelligibility and language in pediatric cochlear implant users. *Proceedings of the 5th International Implant annual conference*. New York, NY.
- Pisoni, D. B., Cleary, M., Geers, A. E., & Tobey, E. A. (2000). Individual differences in effectiveness of Cochlear implants in children who are prelingually deaf: New process measures of performance. *Volta Review, 101*, 111-164.
- Pisoni, D. B., & Geers, A. E. (2000). Working memory in deaf children with cochlear implants: Correlations between digit span and measures of spoken language processing. *Annals of Otolaryngology, Rhinology, and Laryngology, Supplement, 185*, 92-93.
- Sharma, A., Dorman, M. F., & Spahr, A. J. (2002). Rapid development of cortical auditory evoked potentials after early cochlea implantation. *Neuroreport, 13*, 1365-1368.
- Sharma, A., Dorman, M. F., & Spahr, A. J. (2002). A sensitive period for the development of the central auditory system in children with cochlear implants: Implications for age at implantation. *Ear and Hearing, 23*, 532-539.
- Sharma, A., Gilley, P. M., Dorman, M. F., & Baldwin, R. (2007). Deprivation-induced cortical reorganization in children with cochlear implants. *International Journal of Audiology, 46*, 494-499.
- Sharma, A., Nash, A. A., & Dorman, M. F. (2009). Cortical development, plasticity and re-organization in children with cochlear implants. *Journal of Communication Disorder, 42*, 272-279.
- Shephard, R. K., Hartmann, R., Heid, S., Hardie, N., & Klinke, R. (1997). The central auditory system and auditory deprivation: Experience with cochlear implants in the congenitally deaf. *Acta Oto-Laryngologica, 532*, 28-33.
- Spencer, P. (2004). Individual differences in language performance after cochlear implantation at one to three years of age: Child, family and linguistic factors. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education, 9*, 395-412.
- Tobey, E., Geers, A. E., Brenner, C., Altuna, D., & Gabbert, G. (2003). Factors associated with development of speech production skills in children implanted by age five. *Ear and Hearing, 24*, 36-45.
- Tye-Murray, N., Spencer, L., & Gilbert-Bedia, E. (1995). Relationships between speech production and speech perception skills in young cochlear-implant users. *Journal of Acoustic Society America, 98*, 2454-2460.
- Waltzman, S. B., & Cohen, N. L. (1998). Cochlear implantation in children younger than 2 years old. *American Journal of Otolaryngology, 19*(2), 158-62.
- Watson, D. R., Titterton, J., Henry, A., & Toner, J. G. (2007). Auditory sensory memory and working memory processes in children with normal hearing and cochlear implant. *Audiology and Neurootology, 12*(2), 65-76.
- Willstedt-Svensson, U., Lofqvist, A., Almqvist, B., & Sahlen, B. (2004). Is age at implant the only factor that counts? The influence of working memory on lexical and grammatical development in children with cochlear implants. *International Journal of Audiology, 43*(9), 506-515.

### <부록 - 1> 단어 폭 지시하기 과제의 검사 지시문

- 
- |                   |   |
|-------------------|---|
| 1. 단어 바로 지시하기 과제  | “이제부터 몇 개의 단어 그림을 보게 될 거예요. 단어 그림들을 끝까지 다 본 뒤에, 단어를 본 순서대로 그림판에서 찾아 가리켜 보세요.<br>예를 들어, “나무, 의자, 개” 라는 단어 그림들을 봤다면,<br>(그림판을 제시한 후 검사자가 그림을 손가락으로 가리키며)<br>“나무”, “의자”, “개” 이렇게 순서대로 그림들을 가리키면 되요.”         |
| 2. 단어 거꾸로 지시하기 과제 | “이제부터 몇 개의 단어 그림을 보게 될 거예요. 단어 그림들을 끝까지 다 본 뒤에, 단어를 본 순서를 거꾸로 해서 그림판에서 찾아 가리켜 보세요.<br>예를 들어, “봉투, 시계” 라는 단어 그림들을 봤다면,<br>(그림판을 제시한 후 검사자가 손가락으로 가리키며)<br>순서를 거꾸로 해서 “시계”, “봉투” 순으로 그림판에 있는 그림들을 가리키면 되요.” |
- 

※ 성지은(2011)에서 연구자가 일부 수정함.

ABSTRACT

## The Effects of Working Memory Capacity on Language Performance in Children with Cochlear Implants

Eung Kyung Cho · Jee Eun Sung<sup>§</sup> · Hyun Sub Sim

Department of Communication Disorders, Ewha Womans University, Seoul, Korea

**Background & Objectives:** Working memory capacity (WMC) has received considerable attention as an underlying cognitive mechanism that may account for individual differences in language skills in children with cochlear implants. The purpose of the current study was to investigate which variable significantly predicted differences in performance on a receptive vocabulary test and a sentence comprehension task among age of the cochlear implant, chronological age, duration of usage of cochlear implant, and WMC. In addition, the study examined whether there were significant differences between high and low WMC groups in the two language tests when the age of the cochlear implant, duration of usage of cochlear implant, and chronological age were statistically controlled. **Methods:** Twenty prelingual and congenital deaf children between the ages of 7 and 9 years, who received cochlear implantation, participated in the study. The language skills were assessed using standardized tests such as the Receptive and Expressive Vocabulary Test (REVT) and Korean Oral Syntax Expression Comprehension Test (KOSECT). WMC was measured using word forward/backward pointing span tasks. The average of the results of the two span tasks was used as an index of WMC. **Results:** The results from the stepwise multiple regression analyses revealed that the WMC was a significant predictor of score on both language tests. The results of ANCOVA showed that the high WMC group showed significantly better performance on the KOSECT than the low WMC group, whereas the group differences were negligible in the REVT. **Discussion & Conclusion:** The current results suggested that WMC serves as an underlying cognitive mechanism responsible for individual differences in language performance in children with cochlear implants. The effects of WMC emerged more evidently in a test with greater cognitive load such as a syntactic comprehension test compared to the receptive vocabulary test, given that the high and low WMC group differences were the greatest in the sentence comprehension test. (*Korean Journal of Communication Disorders* 2012;17:79-91)

**Key Words:** children with cochlear implants, working memory capacity, sentence comprehension, receptive vocabulary

<sup>§</sup> Correspondence to

Prof. Jee Eun Sung, PhD,  
Department of Communication  
Disorders, Ewha Womans  
University,  
11-1 Daehyun-dong,  
Seodaemun-gu, Seoul, Korea  
e-mail: jeesung@ewha.ac.kr  
tel.: +82 2 3277-2208

### REFERENCES

- Adams, A. M., & Gathercole, S. E. (2000). Limitation in working memory: Implications for language development. *International Journal of Language and Communication Disorders, 35*(1), 95-116.
- Baddeley, A., & Hitch, G. (1974). Working memory. In G. A. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (Vol. 8, pp 47-87). New York, NY: Academy Press.
- Cleary, M., Pisoni, D. B., & Kirk, K. I. (2002). Working memory spans as predictors of spoken word recognition and receptive vocabulary in children with cochlear implants. *Volta Review, 102*(4), 259-280.
- Colleti, L. (2009). Long-term follow-up of infants (4-11 months) fitted with cochlear implants. *Acta Oto-Laryngologica, 129*(4), 361-366.
- 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.
- Dawson, P. A., Busby, P. A., McKay, C.M., & Clark, G. M. (2002). Short-term auditory memory in children using

■ Received January 18, 2012 ■ Final revision received February 29, 2012 ■ Accepted March 5, 2012.

© 2012 The Korean Academy of Speech-Language Pathology and Audiology <http://www.kasa1986.or.kr>

- cochlear implants and its relevance to receptive language. *Journal of Speech and Hearing Research*, 45, 789-801.
- Dettman, S. J., Pinder, D., Briggs, R. J., Dowell, R. C., & Leigh, J. R. (2007). Communication development in children who receive the cochlear implant younger than 12 months: Risks versus benefits. *Ear and Hearing*, 28, 11-18.
- Dillon, C. M., Cleary, M., Pisoni, D. B., & Carter, A. K. (2004). Imitation of nonwords by hearing-impaired children with cochlear implants: Segmental analysis. *Clinical Linguistic Phonology*, 18(1), 39-55.
- Ellis Weismer, S., Tomblin, B., Zhang, X., Buckwalter, P., Chynoweth, J., & Jones, M. (2000). Nonword repetition performance in school-age children with and without language impairment. *Journal of Speech and Hearing Research*, 43, 865-878.
- Fagan, M. K., Pisoni, D. B., Horn, D. L., & Dillon, C. M. (2007). Neuropsychological correlates of vocabulary, reading, and working memory in deaf children with cochlear implants. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 12(4), 461-471.
- Florit, E., Levorato, M. C., & Roch, M. (2009). Individual differences in preschoolers' text comprehension: Contributions of verbal abilities, short-term and working memory. *Proceedings of the 33rd Boston University Conference on Language Development*. Boston, MA.
- Geers, A. E. (2002). Factors affecting the development of speech, language, and literacy in children with early cochlear implantation. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 33, 172-183.
- Geers, A. E. (2006). Factors influencing spoken language outcomes in children following early cochlear implantation. *Advances in Otorhinolaryngology*, 64, 55-65.
- Geers, A. E., Moog, J. S., Bienenstein, J., Brenner, C., & Hayes, H. (2009). Spoken language scores of children using cochlear implants compared to hearing age-mates at school entry. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 14(3), 371-385.
- Geers, A. E., Nicholas, J. G., & Sedey, A. L. (2003). Language skills of children with early cochlear implantation. *Ear and Hearing*, 24(1), 46s-58s.
- 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 and Hearing*, 32(1), 84-92.
- Hammes, D. M., Novak, M. A., Rotz, L. A., Willis, M., Edmondson, D. M., & Thomas, J. F. (2002). Early identification and cochlear implantation: Critical factors for spoken language development. *Annals of Otolaryngology, Rhinology, and Laryngology, Supplement*, 189, 74-78.
- Hayes, H., Geers, A. E., Treiman, R., & Moog, J. (2009). Receptive vocabulary development in deaf children with cochlear implants: Achievement in an intensive auditory-oral educational setting. *Ear and Hearing*, 30, 128-135.
- Houston, D. M., & Miyamoto, R. T. (2010). Effects of early auditory experience on word learning and speech perception in deaf children with cochlear implants: Implications for sensitive periods of language development. *Otology and Neurotology*, 31, 1248-1253.
- Houston, D. M., Carter, A. K., Pisoni, D. B., Kirk, K. I., & Ying, E. A. (2005). Word learning in children following cochlear implantation. *Volta Review*, 105, 41-72.
- Just, M., & Carpenter, P. (1992). A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychological Review*, 99, 122-149.
- Kim, S. S. (2004). Functional working memory and word learning of Korean children with specific language impairment. *Korean Journal of Communication Disorders*, 9(1), 78-99.
- Kim, Y. T., Hong, K. H., Kim, K. H., Chang, H. S., & Lee, J. Y. (2009). *Receptive and Expressive Vocabulary Test (REVT)*. Seoul: Seoul Community Rehabilitation Center.
- Kirk, K. I., & Hill-Brown, C. (1985). Speech and language results in children with a cochlear implant. *Ear and Hearing*, 6(3), 36s-47s.
- Kirk, K. I., Miyamoto, R. T., Ying, E. A., Perdeu, A. E., & Zuganelis, H. (2002). Cochlear implantation in young children: Effects of age at implantation and communication mode. *Volta Review*, 102, 127-144.
- Ko, S. H., Choi, K. S., & Hwang, M. M. (2009). The development of reading span in children. *Korean Journal of Communication Disorders*, 14(3), 303-312.
- Kweon, Y. H., & Kim, Y. W. (2004). Relation of verbal working memory to sentence comprehension in children with specific language impairment. *Korean Journal of Communication Disorders*, 9(2), 33-48.
- Lee, S. E., Cho, M. R., & Lee, Y. K. (2010). The relationship between listening comprehension and working memory in school-aged children. *Korean Journal of Communication Disorders*, 15(1), 56-65.
- Marion, K. S., & Richard, G. (2003). Working memory capacity and language processes in children with specific language impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 46(5), 1138-1153.
- Metsala, J. L. (1999). Young children's phonological awareness and nonword repetition as a function of vocabulary development. *Journal of Educational Psychology*, 91, 3-19.
- 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.
- Montgomery, J. W., & Evans, J. L. (2009). Complex sentence comprehension and working memory in children with specific language impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 52, 269-288.
- Montgomery, J. W., Magimaariaj, B. M., & O'Malley, M. H. (2008). Role of working memory in typically developing children's complex sentence comprehension. *Journal of Psycholinguistic Research*, 37, 331-354.
- Nicolas, J. G., & Geers, A. E. (2007). Will the catch up? The

- role of age at cochlear implantation in spoken language development of children with severe to profound hearing loss. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 50, 1048-1062.
- O'Donoghue, G. M., Nikolopoulos, T. P., & Archbold, S. M. (2000). Determinants of speech perception in children after cochlear implantation. *Lancet*, 356, 446-468.
- Pae, S., Lim, S. S., Lee, J. H., & Chang, H. S. (2004). *Korean Oral Syntax Expression Comprehension Test (KOSECT)*. Seoul: Seoul Community Rehabilitation Center.
- Pisoni, D. B., & Geers, A. E. (2000). Working memory in deaf children with cochlear implants: Correlations between digit span and measures of spoken language processing. *Annals of Otolaryngology, Rhinology, and Laryngology, Supplement*, 185, 92-93.
- Pisoni, D. B., Cleary, M., Geers, A. E., & Tobey, E. A. (2000). Individual differences in effectiveness of Cochlear implants in children who are prelingually deaf: New process measures of performance. *Volta Review*, 101, 111-164.
- Pisoni, D. B., Svirsky, M. A., Kirk, K. I., & Miyamoto, R. T. (1997). Looking at the stars: A first report on the interrelations among measures of speech perception, intelligibility and language in pediatric cochlear implant users. *Proceedings of the 5th International Implant annual conference*. New York, NY.
- Ponton, C., Don, M., Eggermont, J. J., Waring, M. D., & Masuda, A. (1996). Maturation of human cortical auditory function: Differences between normal-hearing children and children with cochlear implants. *Ear and Hearing*, 17(5), 430-437.
- Sharma, A., Dorman, M. F., & Spahr, A. J. (2002). A sensitive period for the development of the central auditory system in children with cochlear implants: Implications for age at implantation. *Ear and Hearing*, 23, 532-539.
- Sharma, A., Dorman, M. F., & Spahr, A. J. (2002). Rapid development of cortical auditory evoked potentials after early cochlea implantation. *Neuroreport*, 13, 1365-1368.
- Sharma, A., Gilley, P. M., Dorman, M. F., & Baldwin, R. (2007). Deprivation-induced cortical reorganization in children with cochlear implants. *International Journal of Audiology*, 46, 494-499.
- Sharma, A., Nash, A. A., & Dorman, M. F. (2009). Cortical development, plasticity and re-organization in children with cochlear implants. *Journal of Communication Disorder*, 42, 272-279.
- Shephard, R. K., Hartmann, R., Heid, S., Hardie, N., & Klinke, R. (1997). The central auditory system and auditory deprivation: Experience with cochlear implants in the congenitally deaf. *Acta Oto-Laryngologica*, 532, 28-33.
- Spencer, P. (2004). Individual differences in language performance after cochlear implantation at one to three years of age: Child, family and linguistic factors. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 9, 395-412.
- Sung, J. E. (2011). The reliability and validity of short-term and working memory pointing tasks developed for clinical populations with speech and language disorders. *Korean Journal of Communication Disorders*, 16(2), 185-201.
- Tobey, E., Geers, A. E., Brenner, C., Altuna, D., & Gabbert, G. (2003). Factors associated with development of speech production skills in children implanted by age five. *Ear and Hearing*, 24, 36-45.
- Tye-Murray, N., Spencer, L., & Gilbert-Bedia, E. (1995). Relationships between speech production and speech perception skills in young cochlear-implant users. *Journal of Acoustic Society America*, 98, 2454-2460.
- Waltzman, S. B., & Cohen, N. L. (1998). Cochlear implantation in children younger than 2 years old. *American Journal of Otolaryngology*, 19(2), 158-62.
- Watson, D. R., Titterton, J., Henry, A., & Toner, J. G. (2007). Auditory sensory memory and working memory processes in children with normal hearing and cochlear implant. *Audiology and Neurootology*, 12(2), 65-76.
- Willstedt-Svensson, U., Lofqvist, A., Almqvist, B., & Sahlen, B. (2004). Is age at implant the only factor that counts? The influence of working memory on lexical and grammatical development in children with cochlear implants. *International Journal of Audiology*, 43(9), 506-515.