

# Language Development in Profoundly Prelingually Deaf Children with Cochlear Implantation: Long-Term Outcomes

Jin-Hyun Ryu<sup>1</sup>, Da Jung Jung<sup>1</sup>, Hyun-Ho Cho<sup>1</sup>, Jae Ho Lee<sup>1</sup>, Sang-Heun Lee<sup>2</sup>, and Kyu-Yup Lee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, School of Medicine, Kyungpook National University, Daegu; and

<sup>2</sup>Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, Daegu Veterans Hospital, Daegu, Korea

선천성 난청 소아들의 인공와우 이식 후 언어 발달: 장기 추적 관찰 결과

류진현<sup>1</sup> · 정다정<sup>1</sup> · 조현호<sup>1</sup> · 이재호<sup>1</sup> · 이상흔<sup>2</sup> · 이규엽<sup>1</sup>

경북대학교 의학전문대학원 이비인후-두경부외과학교실,<sup>1</sup> 대구보훈병원 이비인후과<sup>2</sup>

**Background and Objectives** It is well established that cochlear implantation provides significant benefits for prelingually profound deaf children. However, there are few studies that examined the long-term outcome of cochlear implantation beyond 10 years in prelingually deaf children. The purpose of this study was to examine the long-term benefit of cochlear implantation for children with more than 10 years of experience of using cochlear implantation, regarding auditory performance and academic status. We then determined the age effect of cochlear implantation on auditory performance for prelingually deaf children.

**Subjects and Method** The longitudinal development of auditory performance of 119 deaf children was analyzed after cochlear implantation. Among the 119 children, 58 were included for analysis.

**Results** The children who received cochlear implant at younger age showed significantly better auditory performance. Age at which implantation had been performed had a significant effect on the development of auditory performance before 4 years of age. Many children continued to demonstrate improvements of auditory performance upto five years of implant use. Some showed development of auditory performance upto 10 years cochlear implantation.

**Conclusion** The present result indicates that speech perception and performance for children continue to improve over time from 5 upto 10 years while using cochlear implant. The use of earlier cochlear implantation was demonstrated to provide better auditory performance. The age at which implantation was performed was one of the important factors influencing the long-term outcome of cochlear implantation.

Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2016;59(7):502-9

**Key Words** Children · Cochlear implantation.

Received March 9, 2016

Revised May 5, 2016

Accepted May 9, 2016

**Address for correspondence**

Kyu-Yup Lee, MD

Department of Otorhinolaryngology-  
Head and Neck Surgery,  
School of Medicine,  
Kyungpook National University,  
130 Dongdeok-ro, Jung-gu,  
Daegu 41944, Korea

Tel +82-53-420-6322

Fax +82-53-420-4524

E-mail kylee@knu.ac.kr

## 서 론

인공와우 이식술은 1984년 미국에서 처음으로 임상에 도입된 이후 현재 고도 이상의 난청 환자들에게 널리 사용되고 있고 그 대상자도 점차 확대되고 있다. 인공와우의 효과로는 소아에서 언어 인지력, 언어 생산(speech production), 청각 수행력, 독해 능력의 향상 등을 보여주며 고도난청 환자에서 보청

기 사용보다 나은 효과를 보여준다.<sup>1-3)</sup> 그러나 소아에서 인공와우에 의한 언어 성취력의 결과는 개인별로 큰 차이를 보인다. 이런 결과에 영향을 미치는 요소로는 술 전 잔청 정도, 난청 발생 나이, 심도 난청의 기간, 언어소통 방법, 인지능력, 수술 시 나이 등이 알려져 있다.<sup>4-8)</sup> 수술 시 나이에 따른 인공와우 이식술의 결과에 대한 연구에서 2세 이전에 수술할 경우 더 높은 언어 성취도를 보이며 말소리 지각 능력, 독해 능력 또

한 향상을 보인다.<sup>9,10)</sup> Peng 등<sup>9)</sup>의 연구에서는 인공와우 이식술이 1년 빨라지면 받아쓰기 능력이 5.5% 향상됨을 보고하였다. 최근 Holman 등<sup>10)</sup>의 연구에서는 12개월 이하에 인공와우 이식술을 시행한 환자군이 1세에서 2세 사이에 수술한 환자군에 비해 환자 나이에 적합한 언어능력에 도달하기까지의 기간이 16개월 정도 더 앞섰다는 결과를 보고하여 이른 나이에 수술할수록 더 빠른 언어 습득 결과를 보일 수 있어 수술 적응증에 대한 나이가 점차 낮아지고 있는 추세이다. 많은 연구들이 인공와우 이식술 후의 결과를 보고하고 있고 소아에서 언어발달이 초기에 중요하기는 하지만 소아에서 언어 습득과 학습이 장기간을 거쳐 이루어지는 것을 고려할 때 난청 소아들에서의 인공와우 이식술의 결과에 대한 장기간의 추적 관찰 연구가 필요하다. Geers와 Nicholas<sup>6)</sup>에 따르면 12~38개월의 나이에 인공와우를 시행받고 10년 이상 사용 중인 65명의 환자를 대상으로 한 연구에서 이식 나이, 비언어적 인지 기능, 술 전 잔청의 정도가 언어 발달과 관계가 있다고 보고하였다. 그러나 Geers 등<sup>7)</sup>의 또 다른 연구에서 13년 이상 인공와우를 사용한 85명의 환자를 대상으로 한 연구에서는 이식 나이가 어릴수록 언어와 독해 능력이 좋았으나 말소리지각은 큰 차이가 없었다. Dunn 등<sup>11)</sup>의 연구에서는 4세 이전에 수술된 83명의 환자를 조사한 결과 말소리 지각력은 시간이 지날수록 수술 시 나이의 영향이 감소함을 보여 인공와우 이식술의 결과에 대한 장기간 추적 관찰을 통한 연구에서는 기존의 연구 결과와는 다소 차이를 보임으로써 향후 이에 대한 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다. 특히 한국에서의 인공와우 이식술 후 장기간 관찰에 대한 연구 결과는 부족한 상태로 저자들은 한국인에서 인공와우 이식술을 시행한 소아들을 대상으로 장기간 추적 관찰을 통한 언어 수행력을 조사하여 인공와우 수술 결과에 미치는 영향 인자들을 분석하고 이것을 통해 향후 소아에서 인공와우 이식술의 장기간 결과에 대한 예측과 상담에 도움을 주고자 한다.

## 대상 및 방법

연구 대상은 경북대학교병원에서 1993년 2월부터 2014년 2월까지 인공와우 이식술을 시행하고 10년 이상 사용하고 있

는 119명의 아동 중 복합장애, 뇌성마비, 전반적 발달지연, 자폐스펙트럼이 있는 대상, 그리고 추적 관찰이 소실된 대상을 제외한 58명이었다. 자료는 병원에 내원하여 직접 상담하거나 전화상담을 통하여 수집되었고 인공와우 이식 아동의 수술 전 청력, 수술 연령, 수술 후 청각 수행력, 말지각 검사(폐쇄형, 개방형), 진학 상태 등을 조사하였다. 연구는 후향적 분석을 통해 이루어졌으며 모든 과정은 경북대학교 윤리위원회의 승인을 통해 이루어졌다.

모든 대상 아동들은 태어날 때부터 또는 처음 말을 하기 전부터 전농 상태였고 인공와우 이식술은 양측 귀에 고도 이상의 영구적 감각신경성 난청이 있고 보청기를 착용한 상태에서 3개월간 청력 재활교육을 받아도 효과가 없는 경우에 시행되었다. 청력검사는 청성 뇌간 반응 검사(auditory brainstem response, ABR), 청성 지속 반응 검사(auditory steady state response)와 순음 청력검사 등을 시행하였다. 술 후 조사한 청각 수행력(Categories of Auditory Performance, CAP)은 청각장애 아동의 기능적인 청각적 수행력을 평가하기 위한 것으로 청각 발달에 중요한 단계들을 발달 위계에 따라 0~7 까지 8개의 범주들로 구분한 척도이다.<sup>12)</sup> 가장 낮은 점수인 0 단계는 어떠한 주변 환경음에 대한 반응이 없는 상태이며 가장 높은 점수인 7단계는 친숙한 상대와의 전화통화가 가능한 상태이다. 대상 환아들의 이식수술을 시행한 평균 나이는 3 세 5개월이었고 최소 나이는 1세 2개월, 최고 나이는 6세 7개 월이었다(Table 1). 2세 이전에 수술을 시행한 환아가 7명 (12%), 2세 18명(31%), 3세 14명(24%), 4세 12명(20%), 5세 3명 (5%), 6세 2명(3%), 7세 2명(3%)이었다.

인공와우 기기는 54명이 nucleus CI24(Cochlear Limited, Lane Cove, NSW, Australia), 3명이 MED-EL concerto (MEDEL Corporation, Innsbruck, Austria), 1명이 clarion CII bionics ear(Advanced Bionics Corporation, Sylmar, CA, USA) 장치를 사용하였고 각각의 환아들에 대한 정보는 Table 2에 나타나 있다.

## 말지각 검사

말지각 검사는 인공와우 착용 후 말지각의 향상을 파악하고 인공와우의 효과와 적합성을 평가하고 청각재활의 목표와

**Table 1.** Demographic date of cochlear implantee (58 patients)

Age	Age at implantation	Duration of implantation	Hearing threshold			CAP scores	
			Pre (ASSR)	Pre (ABR)	Post (PTA*)	Pre	Post
15 yr 6 mo (±26.9 mo)	3 yr 5 mo (±16 mo)	12 yr 1 mo (±19.2 mo)	101.63 dB (±13.56 dB)	100.10 dB (±5.34 dB)	32.86 dB (±6.58 dB)	0.72 (±1.01)	5.66 (±0.95)

The values indicate the average ± standard deviation. \*average of PTA at 500, 1000, 2000, 3000 Hz with cochlear implant. ASSR: auditory steady state response, ABR: auditory brainstem response, Pre: preoperative, Post: postoperative, yr: year, mo: month, CAP: Categories of Auditory Performance, PTA: pure tone audiometry

**Table 2.** Demographic details and outcomes of the 58 children

Patient	Age at implantation (yr)	Current age (yr)	Cause	Device	Academic status	CAP score	
						Pre	10 yr
1	4.5	22.9	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	1	5
2	4.5	22	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	1	5
3	3.6	20.8	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	1	6
4	3.5	19	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	1	6
5	2	17.6	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	1	6
6	2	17.6	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	1	6
7	3.7	19	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	1	5
8	4.5	19.5	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	1	5
9	2.5	17.5	Congenital	MED-EL	Regular school	1	6
10	3	17.9	Meningitis	Nucleus CI24	Regular school	0	6
11	6	21	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	0	5
12	4	18.8	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	0	7
13	1.6	15.7	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	0	7
14	2.2	16	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	0	7
15	1.7	15.4	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	0	7
16	1.2	14.9	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	0	6
17	2.5	16	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	2	6
18	3.1	16.8	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	2	6
19	2.5	16	Meningitis	Nucleus CI24	Regular school	2	5
20	6.5	20	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	2	5
21	1.7	15	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	2	7
22	6	19.4	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	2	5
23	4.9	18.1	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	2	5
24	2.4	15.5	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	2	5
25	2.4	15.5	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	2	7
26	1.8	14.8	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	0	7
27	4.2	17	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	0	7
28	4.4	17.2	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	0	7
29	3.6	16.3	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	4	6
30	2.5	15.1	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	0	6
31	3.6	16.2	CMV	Nucleus CI24	Regular school	0	6
32	2.7	15.3	Infection	Clarion	Regular school	0	5
33	2.7	15.1	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	0	7
34	3.2	15.5	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	0	6
35	3.3	15.5	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	0	6
36	2.3	14.4	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	0	7
37	3	15	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	4	6
38	2.3	14.1	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	0	5
39	2.4	14.3	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	0	4
40	4.1	15.8	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	0	4
41	3.9	15.4	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	0	6
42	3.5	14.9	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	0	6
43	1.2	13.2	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	0	6
44	2.7	14	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	0	7
45	3.3	21.3	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	1	5
46	3.4	18.7	Congenital	Nucleus CI24	School for deaf	1	5
47	5.6	20.6	Congenital	Nucleus CI24	School for deaf	2	4

**Table 2.** Demographic details and outcomes of the 58 children (continued)

Patient	Age at implantation (yr)	Current age (yr)	Cause	Device	Academic status	CAP score	
						Pre	10 yr
48	5.9	20.9	Congenital	MED-EL	Regular school	0	5
49	2.9	17.3	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	0	5
50	1.1	15.5	Meningitis	Nucleus CI24	School for deaf	0	4
51	4.2	17.9	Meningitis	Nucleus CI24	Regular school	0	6
52	3.4	16.8	Congenital	Nucleus CI24	School for deaf	1	4
53	5.3	18.5	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	2	6
54	4.2	17.4	Meningitis	MED-EL	School for deaf	0	5
55	2.8	15.7	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	0	5
56	2.5	14.9	Congenital	Nucleus CI24	Regular school	0	6
57	4.3	16.8	Congenital	Nucleus CI24	School for deaf	0	4
58	4.7	16.8	Congenital	Nucleus CI24	School for deaf	0	4

10 yr: postoperative 10 years, CMV infection: cytomegalovirus infection, CAP: Categories of Auditory Performance

방향을 설정하는 데 유용한 정보를 제공한다. 본 연구에서는 Evaluation of Auditory Response to Speech-Korean version(EARS-K)의 평가 문장을 사용하였다.<sup>13)</sup> EARS-K의 하위 검사 중 검사 목적에 따라 보기 있는 조건의 단음절 단어 검사(Closed-Set Monosyllabic Words), 보기 없는 조건의 단음절 단어 검사(Open-Set Monosyllabic Words), 폐쇄형 문장 듣기 검사와 언어 특수적 개방형 문장 듣기 검사를 발췌하였다.<sup>14)</sup>

인공와우 이식술 전에는 어린 아동들의 경우 언어 발달의 경과를 보기 위해 2~3회 정도 평가가 이루어졌다. 인공와우 착용 후에는 일정한 간격으로 평가가 이루어졌는데, 수술 후 첫 1년 동안에는 3개월마다 한 번씩 평가하여 인공와우에 대한 적응력과 언어 발달을 파악하고 그 후에는 6개월이나 1년에 한 번씩 정기적으로 평가하여 청각 수행력 등의 언어 성취력을 관찰하였다. 문장인지 검사는 인공와우를 착용하고 조용한 환경에서 일상 대화음의 크기로 이루어졌다. 검사 방법은 폐쇄형 문장 듣기 검사는 피검자가 제시된 그림을 보며 검사자의 말을 듣고 그림을 고르거나 따라 말하였고, 언어 특수적 개방형 문장 듣기 검사는 피검자가 검사자의 말을 듣고 따라 말하거나 글로 쓰게 하였다. 점수는 정반응한 목표 낱말 수를 문장을 구성하는 총 목표 낱말 수로 나누어 백분율로 나타내었다.

### 통계학적 분석

수술 전 청력역치, 청각 수행력, 언어검사는 공분산분석(ANCOVA)과 다중 선형회귀분석 방법을 사용하여 결과를 분석하였다. 나이별로 수술 전, 수술 후 청각 수행력 수치는 ANCOVA를 이용하여 분석하였고, 공변량(covariate)은 수술 전 청각 수행력 수치이다. 다중 선형회귀분석법을 이용하여

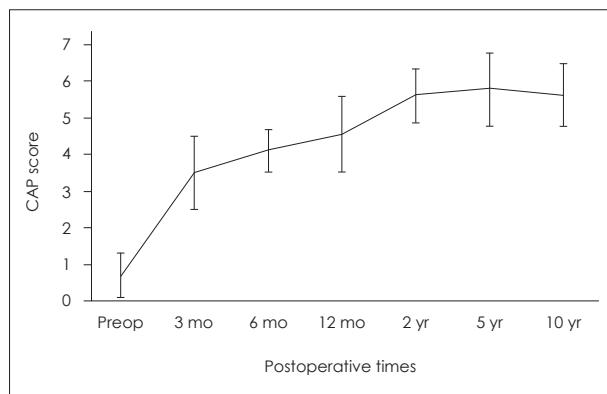
수술 시 나이, 수술 전 청각 수행력 수치에 따른 수술 후 청각 수행력 수치의 연관성을 분석하였고 각 통계적 분석 결과  $p<0.05$ 인 경우를 통계적 의의가 유의함으로 표시하였다.

## 결 과

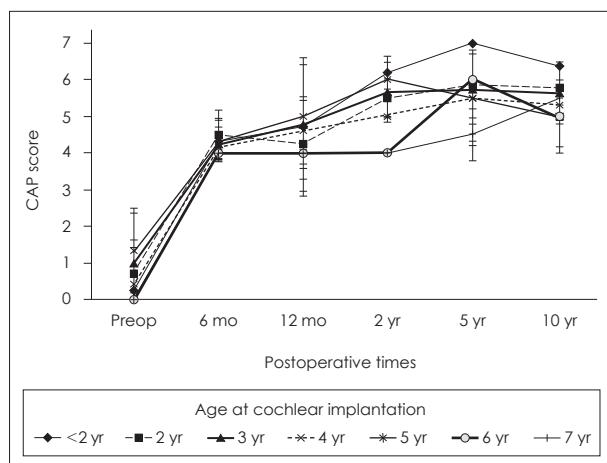
본 연구는 1993년 2월부터 2014년 2월 사이에 경북대학교 병원에서 인공와우 이식술을 시행하고 장기간 추적 관찰이 가능한 선천성 난청 환아 58명을 분석하였다. 인공와우 평균 착용 기간은 12년 1개월이었으며 수술 전 청성 지속 반응 검사는 평균 101.63 dB, 청성 뇌간 유발 반응 검사(ABR)는 100.10 dB이었다. 수술 후 인공와우를 착용하고 검사한 순음청력검사(PTA)는 500, 1000, 2000, 3000 Hz에서의 4분법 청력역치의 평균은 32.86 dB이었다. 수술 전 평균 청각 수행력 수치는 0.72점에서 수술 후 10년 이상 착용 후 검사한 청각 수행력의 평균은 5.66점이었다(Table 1).

본 연구에서 인공와우 이식술 후 평균 13.7년 추적 관찰한 결과 수술 전 0.7이었던 청각 수행력이 수술 후 1년에 4.5로 빠른 청각 수행력 발달을 보였으며(Fig. 1) 그 이후 수술 후 5년 까지 평균 5.7의 청각 수행력의 발달을 보였다. 58명의 인공와우 수술 10년 후의 연령에 따른 청각 수행력은 2세 이전에 수술한 환자는 평균 6.5점, 2세는 5.7, 3세는 5.6, 4세는 5.3, 5세는 5, 6세는 5.0, 7세는 5.5의 수치를 보였으며(Fig. 2) 말소리 지각력의 발달도 수술 후 지속적으로 발달하여 10년에는 개방형 단어 검사에서 80%의 결과를 보였다(Fig. 3). 그리고 각 언어 발달은 수술 후 5년까지 지속적으로 발달하는 경향을 보였으며 5년에서 10년까지 발달하는 경우도 있었다. 수술 시 나이에 따른 결과를 다중 선형회귀 분석한 결과 수술 연령이 어릴수록 인공와우 이식 후 검사한 청각 수행력의 성적은 좋은 결

과( $p=0.005$ ,  $r^2=0.139$ )를 보였다(Fig. 4, Table 3). 특히, 4세를 기준으로 4세 이전과 4세 이후의 수술 전 청각 수행력 수치는 각각  $0.73\pm1.06$ ,  $0.72\pm0.89$ 였으며, 수술 후 청각 수행



**Fig. 1.** Development of Categories of Auditory Performance (CAP) scores during 10 years of cochlear implant use of the 58 studied children. Error bars represent standard deviations. yr: year, mo: month.



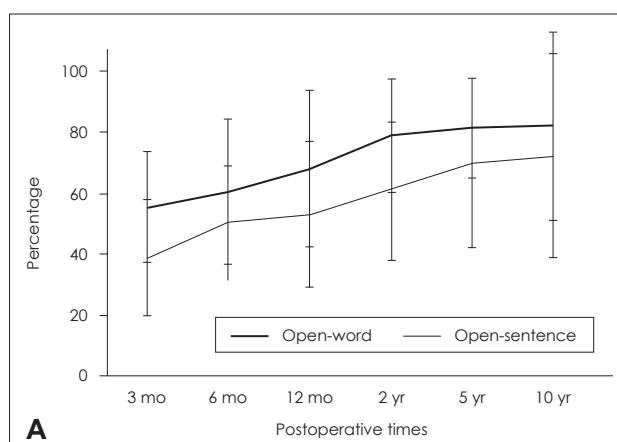
**Fig. 2.** Development of Categories of Auditory Performance (CAP) scores in accordance with age at cochlear implantation. Error bars represent standard deviations. yr: year, mo: month.

력 수치는 각각  $5.86\pm0.86$ ,  $5.22\pm1.00$ 으로 두 군 모두 수술 전 청각 수행력 수치에 비해 수술 후 청각 수행력 수치는 향상되었으나, 향상된 정도는 각각  $5.13\pm1.38$ ,  $4.50\pm1.47$ 로 4세 이전에서 수술을 시행한 군에서 통계적으로 유의하게 높은 결과를 보였다( $p=0.019$ ).

58명 중 최종 청각 수행력 점수가 4점인 환아는 총 7명 (12%), 5점 18명(31%), 6점 21명(36%), 7점 12명(20%)이고, 수술 시 평균 연령은 4점군이 3.8세, 5점군 4.2세, 6점군 3.4세, 7점군 2.6세였다. 인공와우 수술 후 10년이 지나도 청각 수행력이 좋지 않았던 최종 청각 수행력 점수 4점인 환아들의 컴퓨터단층촬영 결과 7명 중 4명(57%)이 내이 기형이 동반되어 있었다(Table 4).

## 고 칠

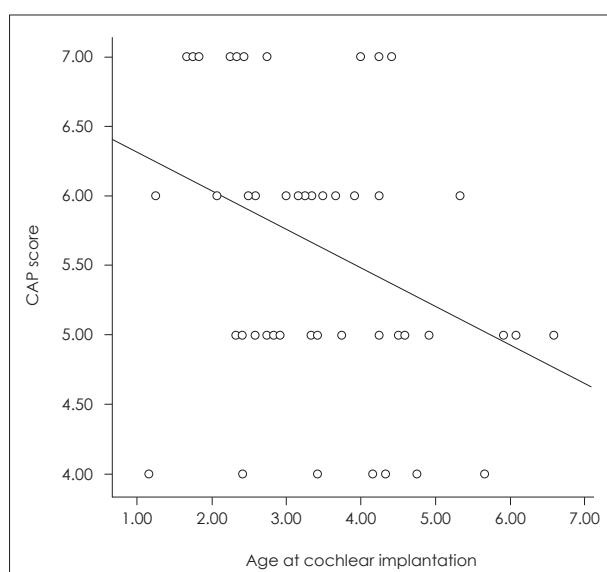
인공와우 이식술의 결과에 영향을 미칠 수 있는 인자로는 난청 발생 나이, 심도 난청의 기간, 언어소통 방법, 술 전 잔청 정도, 인지능력, 수술 시 나이 등이 알려져 있다. 다른 인자와 달리 수술 시 나이는 의사가 그 시기를 정할 수 있는 유일한 인자 중의 하나로서 많은 연구 보고가 되어 있다. Manrique 등<sup>[15]</sup>은 어린 나이에 인공와우 이식술을 받은 경우에 더 나은 언어 인지력을 가진다고 보고하였으며 특히 3세 이전에 수술된 경우 좋은 결과를 보였으며 Svirsky 등<sup>[16]</sup>의 연구에서는 3세 이하에서 수술된 소아에서의 결과를 분석한 결과 2세 이전에 수술된 경우에 유의한 언어 인지력 향상을 보고하였다. 하지만 많은 연구들은 인공와우 이식술의 단기간의 추적 관찰 결과에 대한 보고가 많으며 10년 이상 장기간의 추적 관찰 결과는 많지 않다. 수술 시 나이에 따른 청각 수행력의 발달을 분석해 보면 7세 이전에 수술된 경우 수술 후 6개월까지 급격히 청각 수행력 발달이 이루어진다. 이 중 5세 이전에 수술할



**Fig. 3.** The results of open-set word and sentence test (A), close-set word and sentence test (B) during 10 years of cochlear implant use for the 58 studied children. Error bars represent standard deviations. yr: year, mo: month.

경우 수술 후 1년 이후에도 10년까지 꾸준한 청각 수행력의 발달을 보였으며 6세에서 7세에 수술한 경우에도 발달이 이른 나이에 수술한 소아들보다 느리기는 하지만 청각 수행력의 발달이 있었다. 이 결과를 볼 때 인공와우 수술 후 초기 1년 이내의 와우 맵핑과 언어재활치료가 가장 중요하지만 이후에도 장기간의 언어발달이 이루어지며 지속적인 언어재활이 필요함을 보여주는 결과이다.

Beadle 등<sup>17)</sup>은 인공와우 이식술을 받은 30명의 환아를 대상으로 10년 동안의 장기간 추적 관찰한 결과 26명(87%)이 입술 읽기를 하지 않고도 대화를 이해할 수 있게 되었고 18명(60%)에서 전화통화를 할 수 있게 되었다는 결과를 발표하였다. Uziel 등<sup>18)</sup>의 연구에서는 인공와우 이식술 후 10년간 추적



**Fig. 4.** Multiple linear regression analysis of the correlation between the age of implantation and the Categories of Auditory Performance (CAP) scores in cochlear implantee ( $p=0.005$ ).

관찰 결과 말소리 지각 및 언어 산출의 기능적 수준을 발전시킬 수 있었고 나이에 적절한 일상어를 구사하였으며 학업적으로도 만족할만한 결과를 성취하였으며 환자의 79%에서는 전화를 사용할 수 있었다. 이 연구에서 언어 발달의 가장 중요한 요소로는 수술 시 나이로 4세 이전에 인공와우 이식술을 시행한 환아들에서 수술 후 말 지각력, 언어 구사력, 어휘력이 그보다 많은 연령에서 수술을 시행한 환아보다 더 나은 결과를 보였고, 본 연구에서도 수술 연령에 따른 청각 수행력의 예후를 분석한 결과 수술 연령이 어릴수록 청각 수행력의 발달이 더 좋은 결과를 보였으며(Fig. 4) 특히 4세를 기준으로 4세 이전과 4세 이후 두 군 모두 수술 전 청각 수행력 수치에 비해 수술 후 청각 수행력 수치는 향상되었으나, 4세 이전에서 수술을 시행한 군에서 통계적으로 유의하게 높은 결과를 보였다. 그리고 최종 청각 수행력에 따른 청각 수행력의 발달을 분석해 보았을 때 전체적으로 청각 수행력도 수술 후 5년까지는 꾸준히 증가하였다(Fig. 5). 그러나 최종 청각 수행력이 4인 군은 그 발달 정도가 다른 군에 비해 크지 않았다. 특히 수술 후 1년까지 청각 수행력이 2를 넘지 않을 경우 최종 청각 수행력이 4 정도에 지나지 않았으며 수술 후 1년 내 청각 수행력이 4를 넘는 경우에는 청각 수행력의 대부분 5 이상의 결과를 보였다. 이것으로 볼 때 수술 후 1년까지 청각 수행력의 발달이 중요하며 수술 후 1년 내에 언어재활과 관심을 집중해야 할 것으로 생각된다.

본 연구에서는 수술 후 최종 청각 수행력 수치가 4점인 환아 7명 중 4명에서 선천적인 내이 기형이 있었고 2명은 원인을 알 수 없는 선천적인 놓이었으며 다른 1명은 뇌수막염 이후에 놓이 발생하였다. Peixoto 등<sup>19)</sup>의 연구에서 인공와우 이식술 후 장기간 추적 관찰한 결과 유전적인 이상과 뇌수막염으로 인한 원인, 그리고 이유를 알 수 없는 선천적인 원인들 간에

**Table 3.** Multiple linear regression analysis result

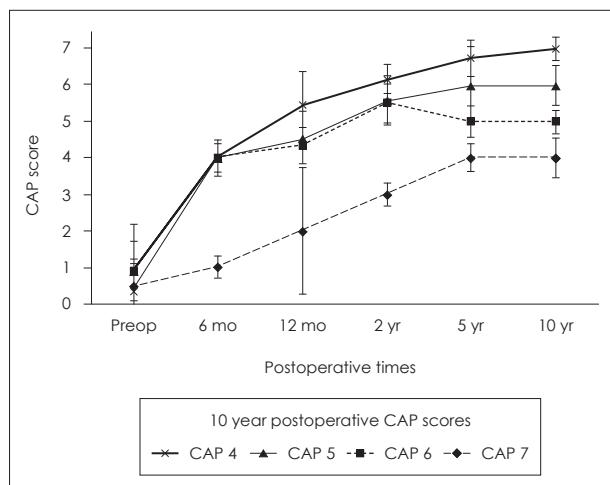
	Non-standardized- $\beta \pm$ standard error	Standardized- $\beta$	p-value
Preoperative CAP score	$0.001 \pm 0.120$	0.001	0.992
Age	$-0.275 \pm 0.094$	-0.373	0.005

CAP: Categories of Auditory Performance

**Table 4.** Information of patient with below Categories of Auditory Performance score 4 at postoperative 10 years

	Inner ear anomaly	Past history	Family history of hearing loss
Patient 39	Pou3f4	None	None
Patient 40	Cochlear anomaly (cochlear hypoplasia)	None	None
Patient 47	None	None	None
Patient 50	None	Meningitis	None
Patient 52	Cochlear hypoplasia lateral SCC dysplasia	Cleft palate	None
Patient 57	Mondini dysplasia	None	+
Patient 58	None	None	None

SCC: semicircular canal



**Fig. 5.** Development of Categories of Auditory Performance (CAP) scores over 10 years of cochlear implant use for the 58 studied children in accordance with latest postoperative CAP scores. Error bars represent standard deviations. yr: year, mo: month.

통계학적으로 유의한 차이점을 발견할 수 없었다고 보고된 바가 있다. 그리고 내이 기형이 있는 환아들에 대한 인공와우 이식술의 효과에 대해서는 아직 연구자들마다 의견이 다양하고 본 연구의 결과 내이 기형이 있는 환아들도 인공와우 이식술을 통하여 비록 내이 기형이 없는 환아들보다는 청각 수행력의 발달이 저조하지만 청력 발달에 도움이 된다는 것을 알 수 있다. 인공와우 이식술 후 환아가 일반학교에 진학하여 정상적으로 수업을 받을 수 있는지, 그리고 일반적인 사회생활을 할 수 있는지에 대한 추적 관찰도 중요하다. Nikolopoulos 등<sup>20</sup>의 연구 결과 수술 전에는 6%가 일반학교, 33%가 특수학교, 61%가 특수반에 소속되어 있었지만, 수술 2년 후 53%의 환아가 일반학교의 일반학급에서 수업을 받을 수 있었고, 13%에서 특수학교, 나머지 33%는 일반학교의 특수반에서 수업을 받고 있었다. 본 연구에서는 수술 후 58명 중 일반학교에 진학한 환아가 51명(89.7%), 특수학교에 진학한 환아가 7명(10.3%)으로 일반학교의 특수반에서 수업을 받는 환아를 일반학교에 진학한 것으로 본다면 Nikolopoulos 등<sup>20</sup>의 연구와 비슷한 결과이다. 그리고 일반학교에 진학을 한 환아들의 평균 수술 연령이 특수학교보다 더 어렸고 수술 전후의 청각 수행력은 더 높았다. 비록 특수학교에서 일반학교로 진로를 변경한 환자는 없었으나 특수학교의 청각 수행력이 좋지 못한 환아에서도 느린 속도지만 청각 수행력이 향상되는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구의 한계점으로는 인공와우 이식술을 시행한 모든 소아를 분석하지 못한 점은 있으나, 현실적으로 수술 후 10년 이상 장기간 추적 관찰하기엔 어려운 점이 있었으며, 분석 대상 모든 환자를 직접 면담과 검사를 진행할 수 없는 한계점이 있었다. 그리고 모든 환자가 동일한 언어재활 치료를 받을 수

있는 가정이나 보호자의 상태 등도 언어재활 결과에 영향을 미칠 수 있으나<sup>21)</sup> 이번 연구에서는 고려되지 않았다.

앞으로 추가적인 인공와우 수술의 장기간의 추적 관찰 결과에 대한 연구는 인공와우 이식술에 대한 관심이 높아지고 그 대상 범위가 넓어지고 있는 현실에서 예후 예측 인자 외에 환아의 수술 전 교육 환경 등 다른 다양한 인자들을 통합적으로 분석하여 수술 후의 예후를 예측하고 적합한 재활 교육을 계획하여 환아의 부모, 교사들에게 가이드 라인을 제공하기 위해 필요할 것으로 생각된다.

### Acknowledgments

This research was supported by Kyungpook National University Research Fund 2014.

### REFERENCES

- Yoshinaga-Itano C, Baca RL, Sedey AL. Describing the trajectory of language development in the presence of severe-to-profound hearing loss: a closer look at children with cochlear implants versus hearing aids. *Otol Neurotol* 2010;31(8):1268-74.
- Kim LS, Lee MY, Heo MJ, Oh YJ. Long-term development of auditory performance in children with cochlear implants. *Korean J Otolaryngol-Head Neck Surg* 2002;45(1):18-21.
- Kim SJ, Kim LS, Cho MJ, Rhee KS. Evaluation of speech perception abilities in children with cochlear implants. *Korean J Otolaryngol-Head Neck Surg* 1998;41(11):1391-9.
- Cowan RS, DelDot J, Barker EJ, Sarant JZ, Pegg P, Dettman S, et al. Speech perception results for children with implants with different levels of preoperative residual hearing. *Am J Otol* 1997;18(6 Suppl): S125-6.
- Geers A, Brenner C, Davidson L. Factors associated with development of speech perception skills in children implanted by age five. *Ear Hear* 2003;24(1 Suppl):24S-35S.
- Geers AE, Nicholas JG. Enduring advantages of early cochlear implantation for spoken language development. *J Speech Lang Hear Res* 2013;56(2):643-55.
- Geers A, Tobey E, Moog J, Brenner C. Long-term outcomes of cochlear implantation in the preschool years: from elementary grades to high school. *Int J Audiol* 2008;47 Suppl 2:S21-30.
- Moog JS, Geers AE. Epilogue: major findings, conclusions and implications for deaf education. *Ear Hear* 2003;24(1 Suppl):121S-5S.
- Peng SC, Spencer LJ, Tomblin JB. Speech intelligibility of pediatric cochlear implant recipients with 7 years of device experience. *J Speech Lang Hear Res* 2004;47(6):1227-36.
- Holman MA, Carlson ML, Driscoll CL, Grim KJ, Petersson RS, Sladen DP, et al. Cochlear implantation in children 12 months of age and younger. *Otol Neurotol* 2013;34(2):251-8.
- Dunn CC, Walker EA, Oleson J, Kenworthy M, Van Voorst T, Tomblin JB, et al. Longitudinal speech perception and language performance in pediatric cochlear implant users: the effect of age at implantation. *Ear Hear* 2014;35(2):148-60.
- Archbold S, Lutman ME, Marshall DH. Categories of auditory performance. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl* 1995;166:312-4.
- Lee SH, Park MH, Huh MJ. Evaluation of Auditory Response to Speech-Korean version. Daegu: ChungHa;2003.
- Lim EJ, Lee KY, Kim YH, Sin CM, Youn SJ, Park JH, et al. Effect of bimodal hearing in speech perception under noisy environment according to residual hearing. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 2009;52(1):29-35.
- Manrique M, Cervera-Paz FJ, Huarte A, Molina M. Prospective long-

- term auditory results of cochlear implantation in prelinguistically deafened children: the importance of early implantation. *Acta Otolaryngol Suppl* 2004; (552):55-63.
- 16) Svirsky MA, Teoh SW, Neuburger H. Development of language and speech perception in congenitally, profoundly deaf children as a function of age at cochlear implantation. *Audiol Neurootol* 2004; 9(4):224-33.
- 17) Beadle EA, McKinley DJ, Nikolopoulos TP, Brough J, O'Donoghue GM, Archbold SM. Long-term functional outcomes and academic-occupational status in implanted children after 10 to 14 years of cochlear implant use. *Otol Neurotol* 2005; 26(6):1152-60.
- 18) Uziel AS, Sillon M, Vieu A, Artieres F, Piron JP, Daures JP, et al. Ten-year follow-up of a consecutive series of children with multichannel cochlear implants. *Otol Neurotol* 2007; 28(5):615-28.
- 19) Peixoto MC, Spratley J, Oliveira G, Martins J, Bastos J, Ribeiro C. Effectiveness of cochlear implants in children: long term results. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2013; 77(4):462-8.
- 20) Nikolopoulos TP, O'Donoghue GM, Archbold S. Age at implantation: its importance in pediatric cochlear implantation. *Laryngoscope* 1999; 109(4):595-9.
- 21) Shin MS, Kim SK, Oh SH, Lee HJ, Kim CS. A preliminary study of predictive factors for language and cognitive development after cochlear implant in congenital deaf children. *Korean J Otolaryngol-Head Neck Surg* 2004; 47(11):1095-101.