

2차 이식연령이 순차적 양이 인공와우 이식 아동의 소음 하 단어인지도에 미치는 영향

Effects of Age at 2nd Implantation on Word-In-Noise Recognition for Children with Sequential Bilateral Cochlear Implantation

¹한림국제대학원대학교 청각학과, ²소리귀클리닉

김지민^{1,2} · 이재희¹ · 전영명²

Ji-Min Kim^{1,2}, Jae Hee Lee¹ and Young-Myoung Chun²

¹Department of Audiology, Hallym University of Graduate Studies, Seoul,

²Soree Ear Clinic, Seoul, Korea

ABSTRACT

The purpose of this study was to identify whether children with sequential bilateral cochlear implants (CIs) could receive additional benefit from the 2nd CI for the word-in-noise recognition, and the benefit from 2nd CI would be affected by age at 2nd implantation during 1-year use of the 2nd implant device. Eighteen children who received sequential bilateral CIs participated in this study. Among 18 participants, 9 children received the 2nd implantation before 8 years of age (earlier implanted) and the others had the 2nd implantation after 8 years of age (later implanted). Since this study aimed to explore whether earlier 2nd implantation improves effectiveness to use bilateral CIs in terms of word-in-noise recognition when compared to later 2nd implantation, the amount of additional perceptual benefit provided by 2nd CI was calculated as the difference in performance between the 1st CI and the bilateral CIs. The benefit was evaluated in four listening conditions (in quiet, 10, 0, and -10 dB signal-to-noise ratios). Results showed that overall, earlier implanted children had a greater amount of benefit from 2nd implantation compared to later implanted children, at least for word-in-noise recognition. Only for earlier implanted children, the benefit from 2nd implant continued to grow up over 12-month use of bilateral implants. The benefit from 2nd implant was greater for 0 dB SNR condition compared to in quiet or -10 dB SNR conditions. In conclusion, although all participants were good performers (> 60%) with 1st CI alone, the 2nd implant provided additional perceptual benefit to word recognition in challenging listening conditions such as in the presence of background noise. Among various factors, age at 2nd implantation was a significant preoperative factor to predict the benefit from the use of sequential bilateral implants.

Key words: Sequential bilateral cochlear implants

논문접수일: 2014년 6월 27일
논문수정일: 2014년 7월 15일
게재확정일: 2014년 7월 17일
교신저자: 이재희, 서울시 강남구 대치동 역삼로 427
한림국제대학원대학교 청각학과
Tel: (02) 2051-4952, Fax: (02) 3451-6618
E-mail: leejaehee@hallym.ac.kr

INTRODUCTION

인공와우 이식은 보청기로부터 큰 혜택을 기대하
기 어려운 고심도 난청 아동의 청각장애를 해결할 수

있는 방법으로 알려져 있다. 순차적 양이 인공와우 이식(sequential bilateral cochlear implantation)이란 양 귀에 인공와우를 동시에 이식하지 않고 한 귀에 1차 인공와우 이식을 먼저하고 다른 귀에 2차 인공와우 이식을 순차적으로 하는 것을 말한다. 2010년에 발표된 인공와우의 동향에 관한 보고에 의하면 (Peters et al., 2010), 전세계적으로 약 8,000명이 양이에 인공와우 이식을 받았고 3세 미만의 아동은 양 귀에 동시에 인공와우 이식을 받는 경우가 더 많은데 비해, 3 ~ 10세 아동의 84%와 11 ~ 18세 아동의 94%가 성인 중 76%가 순차적 양이 인공와우 이식술을 받았다고 하였다. 순차적 양이 인공와우사용의 장점으로는 실제 일상생활에서 어려움을 가지는 소음환경에서 양이를 사용하여 두영효과(head shadow effect), 양이진압(binaural squelch), 양이합산이득(binaural summation) 등으로 양이청취를 통해 더 향상된 의사소통 능력을 가질 수 있다는 점이다. Mosnier et al.(2009)은 좋은 수행력을 보이는 그룹(speech comprehension score \geq 60%)과 저하된 수행력을 보인 그룹($<$ 60%)으로 나누어 양이 착용 시의 소음 하 수행력과 단이 착용 시의 소음 하 수행력을 12개월 동안 측정하여 비교하였다. 분석결과 저하된 수행력을 보인 그룹이 양이 착용으로부터의 혜택 정도가 더 컸음을 밝혔다.

만약, 1차 인공와우를 이식한 아동이 소음이 없는 상황에서 60% 이상의 좋은 수행력을 보이고 순음청력역치가 크게 향상되었을 경우 반대측 귀에 2차 인공와우 이식을 시도해야 할지 아니면 추후 다른 가능성을 위해 이식을 하지 않고 보청기를 사용해야할지 결정을 내리는데 있어 어려움이 따를 수 있다. 실제로 순차적 양이 인공와우 이식을 고려하는 난청 아동의 보호자는 2차 인공와우 이식의 적정시기에 대해 가장 고민이 된다고 하며, 2차 인공와우 이식 후 과연 인지도가 더 향상될지 국내외 다양한 객관적 자료를 참고하여 결정하기를 원한다.

본 연구에 참여한 18명 아동 모두 1차 인공와우 이식 후 평균순음역치(500, 1,000, 2,000 Hz)가 40

dB HL 이내이고 60 ~ 100%의 좋은 단어인지를 보이며(60% cut off from Mosnier et al., 2009) 1차 인공와우로부터 어느 정도 혜택을 보이는 대상자라고 생각할 수 있다. 이러한 경우 아동의 보호자는 과연 반대측 귀에 2차 인공와우 이식을 받을 경우 소음 하 듣기조건 등 어려운 듣기 상황에서 추가적인 혜택이 있을지, 2차 인공와우 이식을 일찍 할수록 좋은 것인지 혹은 이형(異形) 청각(bimodal hearing)을 이용하며 최대한 늦게 하는 것이 좋을지에 대해 전문가의 조언을 구하는 경우가 많다. 따라서 본 연구에서는 1차 인공와우 착용 시 60% 이상의 양호한 단어인지를 보인 아동(N=18)이 2차 인공와우 이식을 순차적으로 받았을 때, (1) 1차 인공와우만 사용하는 것 보다 2차 인공와우를 더한 양이 인공와우 착용 시 소음 하 단어인지를 유의하게 향상되는지, (2) 2차 인공와우 이식 연령에 따라 2차 인공와우로부터의 혜택 정도가 다른지, (3) 2차 인공와우로부터의 혜택이 단기적인지 술 후 12개월까지 지속되는지, (4) 듣기상황에 따라 혜택 정도가 달라지는지 살펴보고자한다.

MATERIALS AND METHODS

1. 연구 대상

본 연구에는 순차적 양이 인공와우 이식을 받은 18명의 아동이 참여하였다. 대상자 모두 언어습득 전 난청을 가졌고 청각 외에 정신지체 혹은 시력저하와 같은 중복장애를 가지고 있지 않았다. 총 18명 중 3명(S10, S16, S18)을 제외한 15명의 아동 모두 40개월 이전에 1차 인공와우 이식술을 받았다(Table 1). 학령전기(8세 이전)에 2차 인공와우 이식을 받은 9명의 아동의 생활연령(chronological age)은 평균 69개월(만5세 9개월)이었고, 학령기(8세 이후)에 2차 이식을 받은 9명의 생활연령은 평균 135개월(만11세 3개월)이었다. 전체 대상 아동 18명 중 5명의 아동(S11, S12, S13, S16, S18)을 제외한 13명 모두 1차 인공와우 반대 귀에 보청기를 끼는 이형 청각

(bimodal hearing)을 이용하였다. 전체 대상 아동 모두 청각장애 특수학교가 아닌 통합학교에 재학 중이었으며, 순차적 양이 인공와우 이식 시 18명 중 2

명(S3, S9)은 양이에 다른 회사의 이식기기를 착용하였다(Table 2).

Table 1. 대상아동의 연령, 난청기간, 1차 및 2차 인공와우 이식 연령, 이식 후 각 귀에서 측정된 청력 및 단어인지도 정보

Group	Subject	Chronological age (month)	Deafness onset (month)	Age at 1 st CI (month)	Age at 2 nd CI (month)	Interval b/w 1 st and 2 nd CI (month)	PTA with 1 st CI	WRS with 1 st CI	PTA with 2 nd CI	WRS with 2 nd CI
2 nd CI before 8 yrs	S 1	87	18	22	77	55	35	100	35	72
	S 2	54	0	13	44	31	40	64	40	80
	S 3	67	6	17	59	42	36	88	29	88
	S 4	107	12	18	93	75	30	68	35	80
	S 5	61	25	29	51	22	35	72	35	80
	S 6	60	9	20	44	24	30	64	35	68
	S 7	51	9	12	39	27	40	68	40	76
	S 8	50	6	21	36	15	35	80	35	88
	S 9	85	12	31	77	46	33	72	33	92
Mean	69.1	10.8	20.3	57.8	37.4	34.9	75.1	35.2	80.4	
2 nd CI after 8 yrs	S 10	169	12	72	158	86	30	80	25	52
	S 11	156	0	27	144	117	23	80	25	32
	S 12	145	36	39	138	99	30	88	35	24
	S 13	114	14	17	102	85	27	72	34	36
	S 14	134	0	20	123	103	15	92	20	84
	S 15	127	24	27	122	95	30	84	38	60
	S 16	141	48	75	135	60	30	96	30	20
	S 17	111	0	22	106	84	25	88	25	72
	S 18	121	24	49	104	55	35	72	40	16
Mean	135.3	17.6	38.7	125.8	87.1	27.2	83.6	30.2	44.0	

CI = cochlear implant, PTA = puretone threshold average from 500, 1,000, 2,000 Hz, WRS = word recognition score in quiet, 1st CI = ear implanted first, 2nd CI = ear implanted second

Table 2. 대상아동의 1차 및 2차 인공와우 이식기기 정보

Group	Subject	Information of 1st implant				Information of 2 nd implant			
		Implanted ear	Internal device	Speech processor	Programming strategy	Implanted ear	Internal device	Speech processor	Programming strategy
2 nd CI before 8 yrs	S 1	R	HiRes 90K	Harmony	HiRes-P w/Fidelity 120	L	HiRes 90K	Harmony	HiRes-P w/Fidelity 120
	S 2	L	HiRes 90K	Harmony	HiRes-P w/Fidelity 120	R	HiRes 90K	Harmony	HiRes-P w/Fidelity 120
	S 3	R	HiRes 90K	Harmony	HiRes-P w/Fidelity 120	L	CI512	CP810	ACE
	S 4	R	CII	Harmony	HiRes-P w/Fidelity 120	L	HiRes 90K	Harmony	HiRes-P w/Fidelity 120
	S 5	R	CI24RE	Freedom	ACE	L	CI512	CP810	ACE
	S 6	R	HiRes 90K	Harmony	HiRes-P w/Fidelity 120	L	HiRes 90K	Harmony	HiRes-P w/Fidelity 120
	S 7	R	HiRes 90K	Harmony	HiRes-P w/Fidelity 120	L	HiRes 90K	Harmony	HiRes-P w/Fidelity 120
	S 8	R	HiRes 90K	Harmony	HiRes-P w/Fidelity 120	L	HiRes 90K	Harmony	HiRes-P w/Fidelity 120
	S 9	R	HiRes 90K	Harmony	HiRes-S w/Fidelity 120	L	CI512	CP810	ACE
2 nd CI after 8 yrs	S 10	L	CI24R	ESprit 3G	ACE	R	CI512	CP810	ACE
	S 11	L	CI 24	Freedom	ACE	R	CI512	CP810	ACE
	S 12	R	CI24R	ESprit 3G	ACE	L	CI512	CP810	ACE
	S 13	R	CII	Harmony	HiRes-S w/Fidelity 120	L	HiRes 90K	Harmony	HiRes-S w/Fidelity 120
	S 14	R	CI24RE	Freedom	ACE	L	CI512	CP810	ACE
	S 15	R	CI24R	ESprit 3G	ACE	L	CI512	CP810	ACE
	S 16	L	CI24RE	Freedom	ACE	R	CI512	CP810	ACE
	S 17	R	CI24R	ESprit 3G	ACE	L	CI512	CP810	ACE
	S 18	R	HiRes 90K	Harmony	HiRes-P w/Fidelity 120	L	HiRes 90K	Harmony	HiRes-P w/Fidelity 120

2. 연구 절차

본 연구는 단일 방음문으로 제작된 매립형 방음실에서 실시하였으며, 순음청력검사기(Madsen Aurical, Otometrics), 헤드폰(TDH-49, Telephonics), 스피커를 통해 순음청력검사, 어음청력검사, 음장검사를 실시하였다. 단어인지검사에는 대상자의 연령에 따라 학령전기용 혹은 학령기용 한국표준 단음절표(김진숙 외, 2008) 단어를 쾌적수준에서 육성으로 불러주고 인지도를 평가하였으며, 단음절어 제시 시 VU meter를 지속적으로 관찰하여 육성이 과도하게 변동하지 않도록 최대한 조절하며 단어를 제시하였다. 또한 청력검사기의 어음잡음(speech-shaped noise)을 이용하여 소음 하 단어인지를 측정하였다.

3. 자료 분석

본 연구의 결과는 SPSS (version 12.0)으로 분석하였다. 소음 하에서 단음절어 인지 시 2차 인공와우 이식으로부터의 혜택이 2차 인공와우 이식연령(학령전기/학령기 이식), 평가시기(2차 이식 후 1, 3, 5, 12 개월 경과), 듣기조건(조용한 상황 혹은 -10, 0, 10 dB SNRs)에 따라 유의하게 다른지 알아보기 위해 반복측정된 삼원분산분석(three-way ANOVA with repeated measures)을 실시하였다. 이 때 종속변수로 사용한 2차 인공와우 이식으로부터 추가된 혜택정도(%)는 Wolfe et al.(2007)과 마찬가지로 양이 인공와우 착용 후 측정된 단어인지도(%)에서 1차 인공와우 착용 후 측정된 단어인지도(%)를 뺀 값으로 계산하여 사용하였다. 분석결과 Mauchly 구형성 가정에 위배될 경우 Greenhouse-Geisser 수정된 F값을 보고하였다. 추가로 2차 인공와우 이식으로부터의 혜택 정도 차이에 유의한 영향을 미치는 변수와 변수들의 설명력 등을 확인하기 위해 Pearson 상관분석과 다중회귀분석을 실시하였다.

RESULTS

본 연구에서는 18명의 순차적 양이 인공와우 착용

아동을 학령전기(8세 이전)에 2차 인공와우 이식을 하거나(N=9) 학령기 이후에 이식을 받은 아동군(N=9)으로 나누어 2차 인공와우 이식으로부터의 추가적인 혜택 정도를 비교하고, 측정시기와 듣기조건에 따라 유의한 변화가 있는지 살펴보았다. 아래 Figure 1은 측정시기, 듣기조건에 따라 두 그룹의 2차 인공와우로부터 받은 추가적인 혜택 정도의 차이를 보여주며, Table 3은 반복측정된 삼원분산분석 결과를 보여준다.

먼저, 학령전기에 2차 인공와우 이식을 받은 그룹이 학령기 이식 아동군보다 혜택 정도가 유의하게 더 컸다[F(1, 16) = 6.57, $p < .05$]. 2차 인공와우 이식 후 평가시기에 따라서도 혜택 정도가 유의하게 달랐다[F(2, 19, 35) = 25.93, $p < .05$]. Bonferroni 다중 비교 분석결과, 2차 인공와우 이식 1개월 후보다 3개월에, 3개월 후보다 5개월 후에 혜택 정도가 유의하게 증가하였다. 그러나 술 후 5개월과 12개월 간 혜택 정도는 유의하게 다르지 않았다. 여기서 주목해야 할 점은 평가시기와 그룹 간 유의한 이원상호작용이다[F(2, 19, 35) = 7.29, $p < .05$]. Figure 2에 제시하였듯이, 학령전기에 2차 인공와우를 이식받은 아동군의 경우 2차 인공와우 이식 후 1개월에는 혜택 정도가 2%(최소 -4 ~ 최대 9%)였으나 3개월 후에는 10%(최소 -2 ~ 최대 20%), 5개월 후에는 17%(최소 1 ~ 최대 27%), 12개월 후에는 21%(최소 6 ~ 최대 39%)의 혜택을 보였다. 여기서 모든 평가 시에 최소의 혜택을 보인 S1로 이 아동은 1차 인공와우만 착용 시 100%의 단어인지를 보인 아동이었다. 따라서 S1의 경우 1차 인공와우 착용 시 소음 하 단어인 지도가 매우 좋아 2차 인공와우로부터의 혜택 정도가 가장 적었음을 알 수 있었다. 학령기에 2차 인공와우 이식을 받은 아동의 경우 2차 인공와우 사용 1개월 후에는 평균 혜택정도가 -1%(최소 -7 ~ 최대 8%)였으나 3개월 후에는 7%(최소 -5 ~ 최대 28%), 5개월 후에도 7%(최소 -6 ~ 최대 21%), 12개월 후에는 8%(최소 -5 ~ 최대 19%)의 혜택을 보였다.

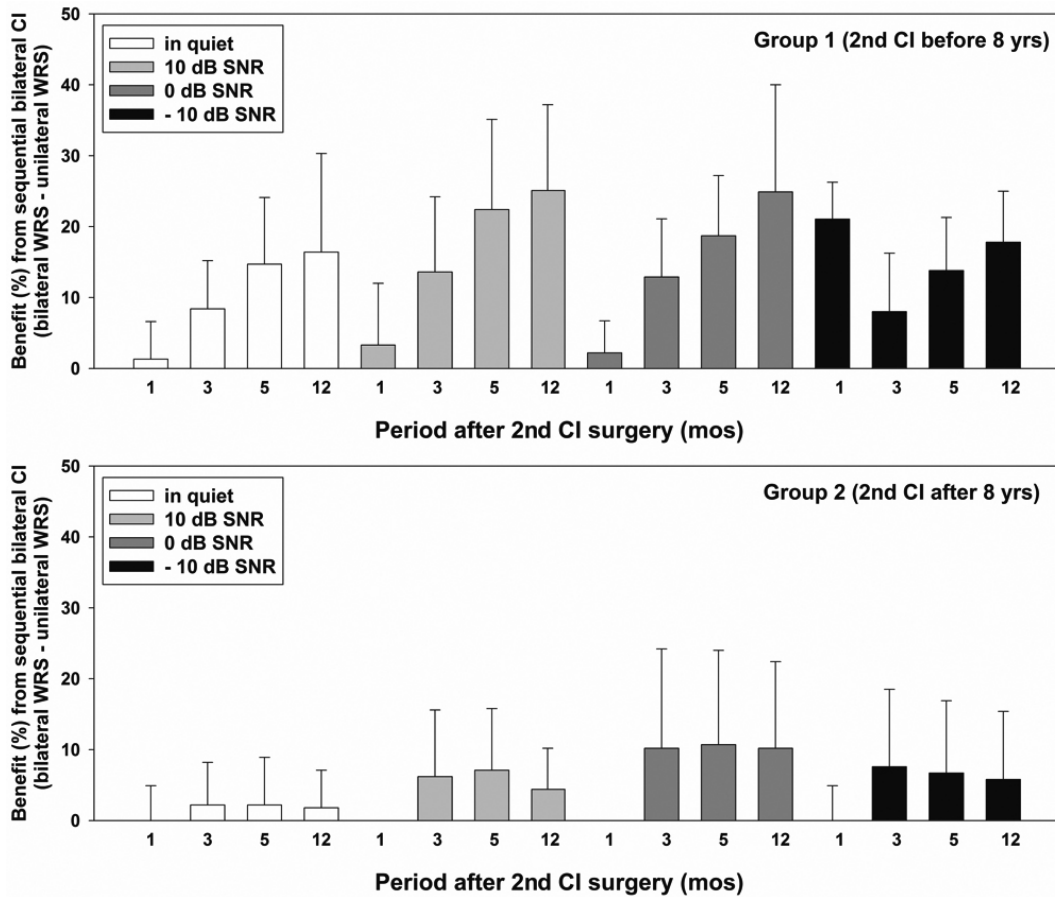


Figure 1. 2차 인공와우 이식 연령(group 1, group 2)과 평가시기에 따라 다양한 듣기 조건에서 측정된 양이 인공와우 이식 혜택 정도(%)(양이 인공와우 혜택(%) 계산: 양이 인공와우 착용 후 측정된 소음 하 단어인지도(%) - 1차 인공와우만 착용 후 측정된 소음 하 단어인지도(%), 오차막대: 표준편차)

Table 3. ANOVA 분산분석 결과

	Factor	df, res	F-ratio	ρ	Bonferroni ($\rho < .05$)
Main effects	group (2nd CI before 8 yrs or after 8 yrs)	1, 16	6.57	.021	
	listening condition (quiet, 10, 0, -10 dB SNRs)	3, 48	5.51	.002	in quiet < 0 dB SNR
	period (1, 3, 5, 12 months after 2nd implant)	2,19, 35	25.93	.000	1 < 3, 5, 12 month 3 < 5, 12 month
Interactions	group × listening condition	3, 48	1.98	.129	
	group × period	2,19, 35	7.29	.002	
	listening condition × period	3,91,62,54	3.60	.011	
	group × listening condition × period	3,91,62,54	.93	.451	

Dependent variable = Benefit from 2nd implantation calculated by difference in performance between the 1st CI and the bilateral CIs.

df and F-ratios were adjusted with Greenhouse-Geisser correction when data violate the sphericity assumption based on Mauchly's test.

위 결과를 종합해보면 학령전기 이식아동군의 경우 2차 인공와우으로부터의 혜택 정도가 비교적 크고 술 후 12개월까지 지속적으로 증가한 반면, 학령

기 이식군은 술 후 3개월 때까지 혜택이 단기적으로 증가하였다가 그 이상 경과되어도 혜택 정도가 크게 증가하지 않았다.

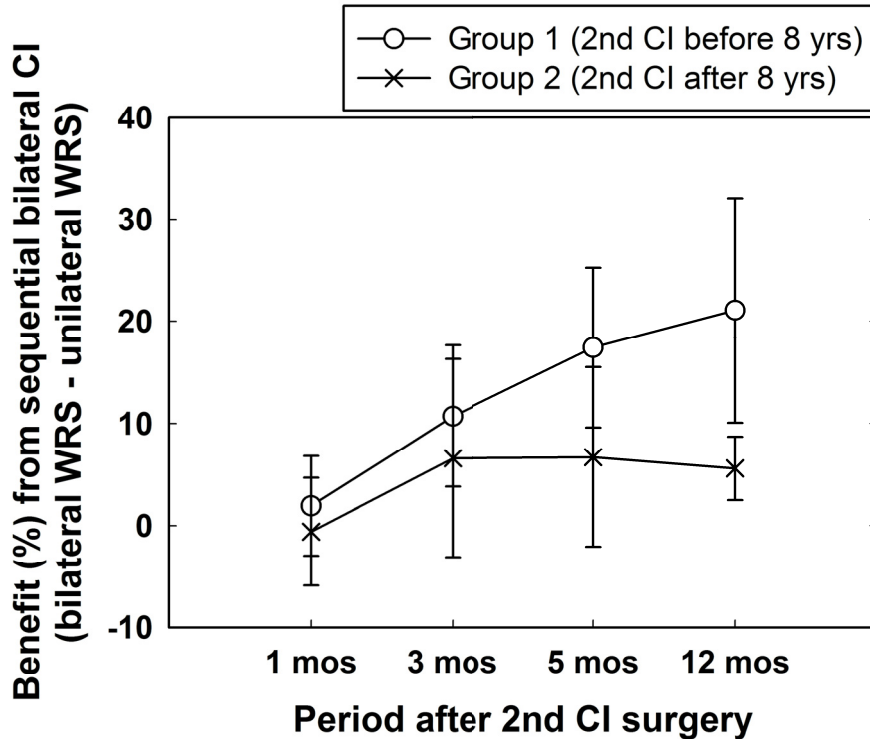


Figure 2. 2차 인공와우 이식 연령(group 1, group 2)과 2차 이식 후 평가시기에 따른 양이 인공와우 혜택 비교(양이 인공와우 혜택(%) 계산: 양이 인공와우 착용 후 측정된 소음 하 단어인지도(%) - 1차 인공와우만 착용 후 측정된 소음 하 단어인지도(%), 오차막대: 표준편차)

듣기조건(소음없는 상황, 10, 0, -10 dB SNR)에 따른 주효과를 분석한 결과 듣기조건에 따라 유의한 차이를 보였고($F(3, 48) = 5.51, p < .05$), 이러한 차이를 보인 이유는 Bonferroni 다중비교 분석을 실시한 결과 0 dB SNR의 소음 하 조건과 소음 없는 조건(in quiet)간 결과가 유의하게 달랐기 때문으로 확인하였다. 전반적으로 소음 없는 조건 혹은 -10 dB SNR 조건이 다소 쉽거나 어려워 항상 가능한 폭이 적었던데 비해 0 dB SNR 소음 하 조건의 경우 항상 가능한 범위가 가장 커서 혜택 정도도 컸다. 듣기조건과 평가시기에 따른 변수 간 이원상호작용은 유의하였고($F(3.91, 62.54) = 3.6, p < .05$), 이는 2차 이

식 1개월 후 평가 때는 듣기조건에 따라 큰 차이가 없었으나 3개월 이후부터는 듣기조건에 따른 차이가 나타났기 때문이다. 그 외 그룹과 듣기조건 간 이원상호작용이나 그룹, 듣기조건, 평가시기 간 삼원상호작용은 유의하지 않았다($p > .05$).

실제 아동의 연령, 1차 및 2차 인공와우를 이식받은 연령, 1차-2차 인공와우 이식시기 간격, 1차 및 2차 이식 후 측정된 순음청력역치 혹은 단어인지도로 혜택 정도를 예측 가능한지 확인하기 위해 Pearson 상관분석을 실시하였다. Table 4를 통해 알 수 있듯이 다양한 변수들이 2차 인공와우로부터의 혜택 정도와 상관성이 있었다. 결과를 요약하면, 1차와 2차

인공와우 이식을 빨리할수록, 1차 이식 후 소음없는 상황에서 저조한 단어인지도를 보일수록 술 후 5개월 혹은 12개월 때 혜택 정도가 유의하게 더 컸음을 확인하였다. 이러한 경향은 1, 3개월에 관찰되지 않았으므로 평가가 언제 이루어졌느냐에 따라 2차 인공와우로부터의 혜택 정도를 예측하는 변수가 달라질 수 있음을 보여준다.

위에서 열거한 다양한 독립변수들은 서로 상관관계가 높으므로 위의 변수들을 독립변수로 투입하였을 때 어떤 변수가 양이 인공와우 혜택 정도의 개인차를

얼마나 설명하는지 확인하기 위해 다중선형회귀분석을 실시하였다. 분석 결과 2차 인공와우 이식 연령의 변수가 술 후 12개월 때 측정된 양이 인공와우 혜택 정도에 대한 개인차를 약 38% 설명하는 것을 확인하였고($\beta = -.620$, $R^2 = .384$, $p = .006$), 나머지 다른 변수들은 유의미한 설명력을 보이지 않았다. 따라서 여러 독립변수 중 2차 이식연령이 양이 인공와우의 혜택 정도의 총 변동을 설명하는 설명력이 가장 큼을 확인하였다.

Table 4. Pearson 상관분석 결과($p < .05^*$, $p < .01^{**}$)

	Chronological age	Age at 1 st CI	Age at 2 nd CI	Interval b/w 1 st and 2 nd CI	PTA with 1 st CI	WRS with 1 st CI	PTA with 2 nd CI	WRS with 2 nd CI
post-1 mos benefit	-.15	-.35	-.14	.02	.06	-.38	-.06	.21
post-3 mos benefit	-.32	-.53*	-.29	-.06	-.07	-.25	-.21	.52*
post-5 mos benefit	-.49*	-.55*	-.50*	-.30	.14	-.58*	-.05	.62**
post-12 mos benefit	-.61**	-.59**	-.62**	-.44	.33	-.69**	.28	.57*

post-1 mos benefit = benefits provided by bilateral CIs after 1-month use of bilateral CIs, CI = cochlear implant, PTA = puretone threshold average from 500, 1,000, 2,000 Hz, WRS = word recognition score in quiet, 1st CI = ear implanted first, 2nd CI = ear implanted second

DISCUSSIONS

본 연구에서는 학령전기에 2차 이식을 받은 아동이 학령기 이식 아동보다 순차적 양이 인공와우 혜택 정도가 더 컸다. 연구에 참여한 18명의 아동 중 학령전기에 2차 인공와우 이식을 받은 아동 9명의 실제 연령은 평균 5.8세, 학령기에 이식을 받은 아동 9명의 평균 연령은 11.7세로 두 그룹 간 연령 차이가 컸다. 실제 연령이 더 어림에도 불구하고 학령전기 이식 아동군이 학령기 이식 아동군보다 인지능력이 더 우수하였다. 특히 이러한 그룹 간 차이는 측정시기가 지날수록 더욱 증가하여 술 후 5개월 경과 시 학령전기 이식군이 학령기 이식군보다 20%

가량 더 우수한 능력을 보였다.

위 연구결과는 2차 인공와우 이식연령이 어음인 지능력에 유의한 영향을 준다고 보고한 다수의 외국 선행연구 결과와 일치한다. 예를 들면, 순차적 양이 인공와우사용 시 1차 이식을 한 후 2차 이식을 늦게 받을수록 이간레벨차(interaural level difference), 이간시간차(interaural time difference) 정보를 사용하는데 어려움을 가질 수 있다고 보고하였다(Gordon et al., 2011). Galvin et al.(2008)은 1차 인공와우를 성공적으로 활용하고 2차 이식을 4세 이전에 받을 경우 2차 이식으로부터 추가적인 혜택을 받을 수 있다고 하였다. Wolfe et al.(2007)은 1차 인공와우를 4세 이전에 받고 2차 인공와우를 10세

전에 받으면 순차적 양이 인공와우를 사용하여 소음 하에서 어음을 인지할 때 분명한 양이 착용 혜택이 있다고 보고한 바 있다. 그러나 Dunn et al.(2014)은 2세 이전 혹은 2 ~ 4세 사이에 인공와우 이식을 받은 아동들이 인공와우 착용 경험이 얼마 되지 않았을 때는 이식 연령에 따라 그룹 간 수행력에 차이를 보였으나, 생활연령 7 ~ 13세 시기가 되면 이식 연령에 따라 어음인지, 언어, 읽기 능력 향상에 유의한 차이가 없어 장기적으로 볼 때 큰 차이가 없음을 보고하였다.

본 연구결과와 마찬가지로 2차 인공와우 이식시기를 학령전기 혹은 학령기로 나누어 수행력을 살펴본 연구는 다음과 같다. Peters et al.(2007)는 3 ~ 5세에, 5.1 ~ 8세에, 8.1 ~ 15세에 2차 인공와우 이식을 받은 아동군의 수행력을 술 후 3, 6, 9, 12개월 경과 시 다양한 평가도구를 통해 측정하였다. 분석 결과, 3 ~ 5세에 2차 이식을 받은 아동군이 최대 향상정도를 보였고, 5.1 ~ 8세 이식군은 시기가 지남에 따라 유의한 어음인지도 상승을 보였다. 특히, 8세 이후, 즉 학령기에 2차 이식을 받은 아동은 술 후 시간경과에 따라 유의미한 향상을 보이지 않았을 뿐 아니라 12개월 후 측정된 2차 인공와우 이식 귀의 인지도가 1차 이식 귀에 비해 50% 낮은 어음인지를 보였다. Litovksy et al.(2004)의 결과에서도 이는 8세 이후 2차 인공와우 이식을 받은 아동이 8세에 이식을 받은 아동보다 조용한 상황, 소음상황 모두에서 저조한 인지를 보였다. 본 연구결과에서도 학령전기에 2차 이식을 받은 경우 이식 후 수행도가 좋고 측정시기가 점차 경과될수록 그 2차 이식 착용으로 인한 혜택 정도가 더욱 부각되었다는 점에서 유사하다고 볼 수 있다. 학령기에 인공와우 이식 아동군을 대상으로 소음 하 인지도를 측정할 Galvin et al.(2007)은 인지도 내 개인차가 컸으나 2차 인공와우 이식 시기에 따른 혜택이 유의하였음을 보고하였고, 특히 학령기에 2차 인공와우 이식을 받은 아동의 경우 1차 인공와우 이식 귀에 대한 의존도가 커서 2차 인공와우 이식 귀를 통한 향상도가 비교적 느리고 심리적으로 자신감 결여를 가졌을

수 있다고 추정하였다. Dowell et al.(2002)은 이식 시기가 수행능력에 유의한 영향을 미치는 이유가 아동의 신경시스템의 가소성과 청각상실의 기간 감소에 의한 것으로 설명한 바 있다.

순차적 양이 인공와우 이식 후 수행능력을 예측하는데 2차 인공와우 이식 연령 외에도 2차 인공와우 이식 대상 귀의 잔존청력, 1차와 2차 이식 간 간격, 이식 전 난청기간, 이식 전 보청기 사용기간, 청각재활 및 청능훈련 유무 등의 다양한 변수들이 보고되어 왔다. 예를 들면, Yoon et al.(2012)은 순차적 양이 인공와우(sequential bilateral cochlear implants) 착용을 결정할 때 2차 인공와우 이식 대상 귀의 1,000 Hz 이하 주파수에서의 보청기 착용(aided) 청력이 나쁠수록 2차 인공와우 이식이 더 효과적일 수 있음을 밝혔다. Reeder et al.(2014)은 최근 순차적 양이 인공와우 착용 성인(N=21)의 수행력을 예측하는 최적의 변수에 대해 확인한 결과 1차-2차 이식시기 간격이 짧을수록 양이 인공와우 이식 혜택 정도가 더 클 것으로 추정하였다. 그러나 Kim et al.(2013)은 1차 이식 후 5년 안에 2차 인공와우 이식을 받던 5년 이상 혹은 7년 이상이 지난 후 2차 인공와우 이식을 받던 양이 착용 시 보이는 어음지각능력이 크게 다르지 않았으므로, 1·2차 인공와우 이식 간격이 길더라도 순차적 양이 인공와우 이식을 받는 것이 좋다고 보고하였다. Holden et al.(2013)은 114명의 CI 착용 성인의 자음-모음-자음 인지도를 측정하여 다양한 변수들 중 어떤 변수가 단어인지도에 유의한 영향을 미치는지 분석하였고, 그 결과 빨리 이식을 받고 난청기간이 짧을수록 수행력이 좋았음을 보였으나 여러 변수들이 서로 서로 상관성이 높고 영향을 줄 수 있어 각 변수의 역할 및 영향력을 확인하는 연구가 중요함을 밝혔다. 그 외 양이 인공와우 착용 성인과 아동을 대상으로 실험한 Litovsky et al.(2004)는 다양한 변수 중 이식 전 보청기 사용기간이 양이 인공와우 착용 혜택 정도를 예측하는데 있어 유의미한 변수였음을 밝혔다.

본 연구에서 대상자의 2차 인공와우 이식 전 보

청기 착용 유무를 변수로 이용하여 분석을 시행하지는 않았으나, 선행연구 결과(Dowell et al., 2011; Rubinstein et al., 1999)를 고려하였을 때 2차 이식 전 보청기를 사용하지 않는 것이 이식 후 소음 하 단어인지도에 부정적 영향을 미칠 수 있겠다. 연구대상 아동 총 18명 중 5명은 2차 인공와우 이식 전 해당 귀에 보청기를 착용하지 않았다. 위 5명 중 2명의 아동(S11, S16)을 제외하고 3명(S12, S13, S18) 모두 모든 듣기조건에서 평균에 못 미치는 결과를 보였다. 2차 인공와우 이식 전 보청기 착용을 경험하면 아동이 한 귀가 아닌 두 귀의 소리에 먼저 적응해볼 수 있고 양이 기기 착용에 익숙해지게 되는 장점이 있으므로 이러한 시도는 적극적으로 권장되어야겠다. 실제로 본 연구 대상자 중 보청기 미착용 아동이었던 S16은 2차 인공와우를 통한 새로운 소리에 대해 심적 부담이 커 신체적으로 이상 반응을 보인 적 있었다는 부모의 보고가 있었고, S18은 2차 인공와우 이식 후 12개월 경과 후 단어인지를 측정하였을 때 18명 중 최하위 점수를 보였다.

앞에서 기술한 바와 같이, 대상자 모두 1차 인공와우 착용 시 소음없는 조건에서 모두 60% 이상의 인지도를 보였다. 2차 이식 후 양이착용 시 소음 없는 혹은 소음 하 조건에서 인지도 향상 정도를 살펴본 결과, 2차 이식 1개월 후에서 12개월 후로 경과할수록 학령전기에 2차 인공와우 이식을 시행한 아동군이 학령기 이식 아동군보다 향상 정도가 더 컸다. 이러한 결과는 임상적으로 중요한 의의를 가진다. 1차 인공와우 이식 후 좋은 수행력을 보여도 2차 이식을 빨리 받는 것이 조용한 상황에서 뿐만 아니라 인공와우 착용자에게 가장 큰 어려움을 주는 소음상황에서 혜택 정도가 더욱 클 것으로 기대할 수 있겠다. 이러한 향상은 2차 인공와우 이식 직후, 즉 1 ~ 2개월 단기적으로 보여지는 것이 아니라 12개월 경과할 때까지 지속적으로 증가하였음을 확인하였다. 본 연구결과가 아동의 2차 인공와우 이식을 고민하는 보호자나 청능사(audiologist), 청각 관련 전문가에게 중요한 정보가 될 것이라 생각한다. 그러나 본 연구에 참여한 대상아동의 대부분이 일반학

교에 재학 중이었고 구화 의사소통 방식을 주로 사용하고 있었으므로 모든 아동에게 일반화하기에는 제한적이다. 따라서 아동의 청각재활 경험, 교육환경, 가정환경, 의사소통 방식 등을 고려하여 2차 인공와우 이식시기를 선택하거나 이식 후 재활 방법을 결정시 신중하게 상담해야 할 것이다.

CONCLUSIONS

본 연구에서는 1차 인공와우 착용 시 60% 이상의 좋은 수행력을 보이는 아동이 2차 인공와우 이식 후 소음 하 단어인지 시 양이 착용으로부터 혜택을 받을 수 있는지 확인하였다. 연구의 결론을 정리하면, 1) 1차 인공와우 착용 후 수행력이 좋을지라도 1차 인공와우만을 사용하는 것 보다 2차 인공와우를 추가하여 순차적 양이 인공와우를 사용할 경우 소음 하 단어인지능력이 유의하게 향상하였고, 2) 학령전기에 2차 인공와우를 이식한 아동군이 학령기 이식 아동군보다 실제 연령이 더 어림에도 불구하고 소음 하 단어인지 시 혜택 정도가 더 컸고, (3) 학령전기에 2차 인공와우를 이식한 아동군의 경우 2차 이식 후 1개월, 3개월, 5개월, 12개월로 측정시기가 경과할수록 소음 하 단어인지능력의 향상이 장기적으로 지속된 반면, 학령기 이식군은 술 후 3개월까지 단기적인 증가를 보이다가 그 이후 유의하게 달라지지 않았으며, (4) 가장 쉬운 소음없는 환경이나 가장 어려운 -10 dB SNR 듣기조건에서 2차 인공와우로부터의 혜택이 가장 적었고, 0 dB SNR에서 혜택 정도가 가장 컸다.

중심단어: 순차적 양이 인공와우

REFERENCES

- 김진숙, 임덕환, 홍하나, 신현욱, 이기도, 홍빛나 외. (2008). 한국표준 학령기용 및 학령전기용 단음절 어표 개발. *청능재활*, 4, 141-160.

- Dowell, R. C., Dettman, S. J., Blamey, P. J., Barker, E. J., & Clark, G. M. (2002). Speech perception in children using cochlear implants: Prediction of long-term outcomes. *Cochlear Implants International*, 3(1), 1-18.
- Dowell, R. C., Galvin, K. L., Dettman, S. J., Leigh, J. R., Hughes, K. C., & van Hoesel, R. (2011). Bilateral cochlear implants in children. *Seminars in Hearing*, 32(1), 53-72.
- Galvin, K. L., Mok, M., & Dowell, R. C. (2007). Perceptual benefit and functional outcomes for children using sequential bilateral cochlear implants. *Ear and Hearing*, 28(4), 470-482.
- Galvin, K. L., Mok, M., Dowell, R. C., & Briggs, R. J. (2008). Speech detection and localization results and clinical outcomes for children receiving sequential bilateral cochlear implants before four years of age. *International Journal of Audiology*, 47(10), 636-646.
- Gordon, K. A., Jiwani, S., & Papsin, B. C. (2011). What is the optimal timing for bilateral cochlear implantation in children? *Cochlear Implants International*, 12(Suppl 2), S8-14.
- Holden, L. K., Finley, C. C., Firszt, J. B., Holden, T. A., Brenner, C., Potts, L. G., et al. (2013). Factors affecting open-set word recognition in adults with cochlear implants. *Ear and Hearing*, 34(3), 342-360.
- Kim, J. S., Kim, L. S., & Jeong, S. W. (2013). Functional benefits of sequential bilateral cochlear implantation in children with long inter-stage interval between two implants. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 77(2), 162-169.
- Litovsky, R. Y., Parkinson, A., Arcaroli, J., Peters, R., Lake, J., Johnstone, P., et al. (2004). Bilateral cochlear implants in adults and children. *Archives of Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 130(5), 648-655.
- Mosnier, I., Sterkers, O., Bebear, J. P., Godey, B., Robier, A., Deguine, O., et al. (2009). Speech performance and sound localization in a complex noisy environment in bilaterally implanted adult patients. *Audiology and Neuro-otology*, 14(2), 106-114.
- Peters, B. R., Litovsky, R., Parkinson, A., & Lake, J. (2007). Importance of age and postimplantation experience on speech perception measures in children with sequential bilateral cochlear implants. *Otology and Neurotology*, 28(5), 649-657.
- Peters, B. R., Wyss, J., & Manrique, M. (2010). Worldwide trends in bilateral cochlear implantation. *Laryngoscope*, 120(Suppl 2), S17-44.
- Reeder, R. M., Firszt, J. B., Holden, L. K., & Strube, M. J. (2014). A longitudinal study in adults with sequential bilateral cochlear implants: time course for individual ear and bilateral performance. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 57(3), 1108-1126.
- Rubinstein, J. T., Parkinson, W. S., Tyler, R. S., & Gantz, B. J. (1999). Residual speech recognition and cochlear implant performance: Effects of implantation criteria. *The American Journal of Otology*, 20(4), 445-452.
- Yoon, Y. S., Shin, Y. R., & Fu, Q. J. (2012). Clinical selection criteria for a second cochlear implant for bimodal listeners. *Otology and Neurotology*, 33(7), 1161-1168.
- Wolfe, J., Baker, S., Caraway, T., Kasulis, H., Mears, A., Smith, J., et al. (2007). 1-year postactivation results for sequentially implanted bilateral cochlear implant users. *Otology and Neurotology*, 28(5), 589-596.