



## 저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

인공와우를 시행한 일측성  
전농환자에서 무선 전송 연결 기술을  
통한 청각재활 효과 분석

연세대학교 대학원

의 학 과

남 윤 빈

인공와우를 시행한 일측성  
전농환자에서 무선 전송 연결 기술을  
통한 청각재활 효과 분석

지도교수 문인석

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2024 년 12 월

연세대학교 대학원

의 학 과

남 윤 빈

## 남윤빈의 석사 학위논문을 인준함

심사위원\_\_\_\_\_정진세\_\_\_\_\_

심사위원\_\_\_\_\_문인석\_\_\_\_\_

심사위원\_\_\_\_\_유승찬\_\_\_\_\_

연세대학교 대학원

2024 년 12 월

## 차 례

그림 차례	.....	ii
표 차례	.....	iii
국문 요약	.....	iv
제 1 장 서론	.....	1
제 2 장 연구방법	.....	3
2.1. 연구대상	.....	3
2.2. 청력검사	.....	3
2.3. 무선연결방법	.....	4
2.4. 통계 분석	.....	4
제 3 장 결과	.....	5
3.1. 환자 데이터	.....	5
3.2. PNM 방식과 WC 방식 비교	.....	6
3.3. 인공와우 착용시간에 따른 청각재활변화	.....	8
제 4 장 고찰	.....	9
제 5 장 결론	.....	12
참고문헌	.....	13
영문 요약	.....	14

## 그림 차례

<Fig 1> Speech Intelligibility of patients with ‘Plugged and Muffed’ method and Wireless Connection method .....	7
--	---

## 표 차례

<Table 1> Patient Demographics .....	5
<Table 2> Patients with ‘Plugged and Muffed’ Method and Wireless connection Method .....	6
<Table 3> Serial follow up results of Wireless connection method .....	8

## 국 문 요 약

### 인공와우를 시행한 일측성 전농환자에서 무선 전송 연결 기술을 통한 청각재활 효과 분석

목적 : 일측성 전농 환자에서 인공와우 수술 후 평가함에 있어 기존의 ‘Plugged and Muffed’ 방법은 차폐의 부족하다는 한계점을 가진다. 이에 본 연구에서는 기존의 방식과 무선연결방식 간의 차이를 분석하고, 인공와우 착용시간에 따른 청각재활효과를 알아보고자 한다.

방법 : 2019년 03월 01일부터 2024년 07월 31일까지 신촌 세브란스 병원을 내원한 일측성 전농환자중 인공와우 수술을 시행한 38 명의 환자를 대상으로 진행되었다. 수술 전 순음청력역치를 측정하였고, 수술 후 인공와우 착용시 순음청력역치를 측정하였다. 수술 후 말명료도 평가를 고식적인 ‘Plugged and Muffed’ 방식과 무선연결방식을 이용하여 측정하였고, Wilcoxon Signed Rank Test 를 이용하여 두 방식간의 통계적 유의를 검증하였다. 무선연결방식을 이용하여 청각재활효과를 2 회 이상 측정한 환자의 경우에는 일평균인공와우 착용시간에 따른 청각재활효과 변화 여부에 대해 회귀분석을 진행하였다.

결과 : 총 38 명의 환자 중 ‘Plugged and Muffed’ 방법과 무선연결방식을 모두 시행한 환자는 17 명으로, 이들의 말명료도 평가시 모음분별력, 단음절분별력, 이음절분별력, 문장언어평가 및 말지각검사에서 통계적으로 유의미한 차이가 관찰되었다. 무선연결방식을 이용하여 청각재활효과를 2 회 이상 측정한 환자 14 명에 대해서 일평균인공와우 착용시간에 따른 청각재활효과 변화를 분석한 결과, 일평균인공와우 착용시간이 늘어날수록 청각재활효과가 증가하였으나 통계적으로 유의하지 않았다.( $P=0.20$ )

결론 : 인공와우를 시행한 일측성 전농환자의 청각재활을 평가함에 있어 무선연결방식의 사용이 기존의 방식보다 더 적합한 것으로 판단된다.

---

핵심되는 말: (10 단어 이내)

일측성 전농, 인공와우, 청각재활, 무선전송



## 1. 서론

일측성 전농(Single-Sided Deafness)은 양이 중 한 측의 순음청력검사상 70dB 이상 심도 감각신경성난청으로 정의되며, 10 만명 당 12-27 명의 유병율을 가진 것으로 알려져있다.(1, 2) 일측성 전농은 주로 돌발성 감각신경성 난청에 의해 발생하는 것으로 알려져 있으며 뇌수막염, 메니에르병, 청각신경종양의 제거 수술, 외상 등 다양한 요인에 의한 발생도 보고되고 있다. 일측성 전농환자들은 이환측 소리에 대한 어음 분별력(Speech Recognition) 및 소리 위치 특정(Sound Localization)에 어려움을 겪어 일상생활에서 불편감을 주로 호소한다.

일측성 전농 환자들의 불편감을 감소하기 위해 다양한 방식의 청각 재활수단이 개발되어 왔으며, 전통적으로는 기도 보청기(Hearing Aid)와 골전도 임플란트(Bone conduction implant)를 사용해왔다. 기도보청기의 대표적 예인 크로스 보청기(Contralateral Routing Of Signal, CROS)는 이환측에 마이크를 위치하고 정상측에 수화기를 위치하여 이환측에서 들리는 소리를 정상측에서 듣게 하는 방식으로 작동한다. 크로스 보청기는 비용적 이득, 수술이 필요없음의 장점이 있으나, 정상측 귀에도 착용해야하는 불편감, 정상측 귀의 폐쇄효과, 미용적 문제 등 단점이 있다. 골전도 임플란트의 하나인 이식형 보청기(Bone anchored Hearing aid, BAHA)나 Bonebridge 는 이환측 유양돌기 뼈 또는 측두골 뼈에 내부장치를 수술로 직접 삽입하여 사용하는 기체이다. BAHA 나 bonebridge 는 난청이 있는 귀쪽의 소리를 받아 두개골을 통한 골전도를 통해 정상측 귀로 전달해주며, 머리 가림 효과가 최소화된다는 장점이 있다.(3)

최근 연구에서는 일측성 전농환자에게 인공 와우(Cochlear Implant) 수술의 시도가 활발히 이루어지고 있다.(4) 인공와우는 외부의 소리를 전기적 신호로 바꾼 후 달팽이관의 청신경세포를 직접 자극하는 방식을 통해 청각을 확보하는 청각재활도구로, 기존의 크로스 보청기나 골전도 임플란트에 비해 소음환경 시의 어음분별 효과가 더 높다는 선행 연구가 보고된 바 있다.(4)

인공와우의 청각재활효과를 평가하기 위해서는 언어평가를 시행하여 모음, 자음, 단음절, 이음절, 문장언어평가 및 말지각검사(Categories of Auditory Performance score, CAP) 등을 평가한다. 언어평가를 시행함에 있어 일반적으로는 양이를 통한 청각재활을 평가하지만, 일측성 전농환자의 경우 정상측 귀로 소리를 듣는 비율이

높아 양이 동시 측정 시 이환측에 대한 정확한 평가가 어렵다는 단점이 있다. 이에 정상측 귀를 차폐(Masking)한 후 측정하는 ‘Plugged and Muffed’ 방식(이하 PNM)을 통해 이환측의 청력 평가를 시행하는 방법이 시행되어 왔으나, 이 방법 역시 완벽한 차폐가 어렵다는 단점을 가지고 있다.(5)

최근 기술이 발전함에 따라 인공와우 수술을 시행한 청각 재활환자의 기능 평가를 위해 무선 전송 기술을 이용한 방법(Wireless Connection, WC)이 도입되고 있다.(6) 전자 태블릿 등을 통해 발생시킨 소리를 Bluetooth 기술을 통해 전송하여 보청기 및 인공와우에 직접 전달하는 방식이 개발되었고, 이 방식을 활용 시 정상측 귀에는 소리 자극이 전달되지 않기에 기존의 PNM 검사방식이 가지던 단점인 반대 측 귀의 소음 차폐의 부족 및 넓은 공간의 확보로부터 벗어날 수 있게 되었다.

본 연구에서는 일측성 전농 환자 중 인공와우 수술을 받은 환자군에게 기존의 PNM 방식과 WC 방식을 활용한 방법의 수술 후 청각재활평가 정도를 비교하고자 한다. 더불어, 인공와우 수술 후 추적관찰 과정에서 일평균착용시간과 인공와우를 통한 청각재활의 효과의 상관관계에 대해서 비교하고자 한다.

## 2. 연구 방법

### 2.1. 연구 대상

단일기관 후향적 연구로 2019 년 03 월 01 일부터 2024 년 07 월 31 일까지 연세대학교 세브란스 병원 이비인후과 내원한 일측성 전농 환자들 중 인공와우 수술을 진행한 환자를 대상으로 하였다. 일측성 전농의 기준은 순음청력검사상 한측의 청력역치가 70dB 이상, 반대측 청력역치가 40dB 이하인 경우로 정의하였으며 양측성 난청의 환자, 이환측 귀의 수술이력이 있던 환자 및 수술 후 합병증으로 인공와우를 제거한 환자는 제외하였다.

총 38 명의 환자가 연구대상에 포함되었으며, 이들은 모두 WC 방식을 이용한 청력검사를 시행하였다. PNM 방식을 같이 측정한 환자는 총 17 명이었고, 해당 환자들을 대상으로 하여 WC 방식과 PNM 방식 간의 청각재활평가 정도 차이에 대한 분석을 진행하였다. WC 방식으로 추적관찰을 2 회 이상한 환자들은 20 명이었으며, 이들 중 초기 시행과 마지막 시행 모두 문장언어평가 0%로 확인된 6 명을 제외한 14 명을 대상으로 인공와우 평균 사용시간에 따른 청각재활효과 분석을 진행하였다.

### 2.2. 청력검사

모든 환자는 수술 전 후 청력검사를 시행하였다. 순음청력평가는 500, 1000, 2000, 4000Hz 의 영역에서 시행한 검사 값을 6 분법 평균으로 측정하였다. 수술 전 검사 시 정상측을 먼저 측정하였고, 이환측 측정시 정상측에 정상측의 순음청력역치보다 40dB 큰 소음을 주어 차폐하는 방식으로 진행하였다. 수술 후 순음청력검사 측정시에도 동일한 방법으로 정상측을 차폐 및 인공와우를 착용한 상태에서 이환측의 청력역치를 측정하였다.

말 명료도 평가를 위해서 모음분별력(Vowel Discrimination), 자음분별력(Consonant Discrimination), 단음절(Monosyllabic Word, MSW) 및 이음절검사(Dissyllabic Word, DSW)와 문장언어검사(Sentence perception), 그리고 말지각검사(Categories of Auditory Performance, CAP)를 측정하였다. 어음검사를 위해서 서울대학교병원 개발 성인용 어음 지각 검사의 예시 단어와 문장을 사용하였다. 검사는 소음이 없는 밀폐된 검사실에서 진행되었으며, 검사자와 피검사자 간 거리를 1m 유지한 상태에서 65dB 의 자극 강도로 검사 진행하였다. PNM 방식을 위해서 정상측에 이어플러그(Plug)와 귀덮개(Muff)를 착용하였고, 이환측은 인공와우를 착용한 상태로 검사를 진행하였다.

### 2.3. 무선연결 방식

무선연결 방식(Wireless Connection, WC)을 위해서 iPad(Apple, 7<sup>th</sup> generation)를 이용하였다. 환자들의 인공와우 삽입술에 시행한 Cochler(Sydney, Australia) 사의 장비는 iPad 와 Bluetooth 5.0 을 통해 직접 연결하였고, MedEL(Innsbruck, Austria)의 경우에는 Bluetooth 연결을 위해 추가로 목걸이형 수신기를 연결후 검사를 진행하였다. iPad 에서 녹음된 소리를 발생하여 블루투스 송신 방식을 통해 인공와우의 어음처리기로 신호를 전달하였으며, 검사자는 환자의 대화 최적 강도(Most Comfortable Level, MCL)을 확인 후 해당 강도로 어음검사를 진행하였다. 어음 검사에 사용한 단어와 문장은 고식적인 방식과 동일하게 서울대학교 병원 개발 성인용 어음 지각 검사의 예시를 활용하였다.

### 2.4. 통계방법

동일 환자에서 WC 방식과 PNM 방식의 청각재활효과의 분석을 위해 Wilcoxon Signed Rank test 분석을 진행하였다. 각 환자 별 인공와우 평균 사용시간에 따른 청각재활효과의 분석은 인공와우 평균 착용시간과 처음 추적관찰과 마지막 추적관찰 시의 문장언어평가 차이에 대해 회귀분석을 진행하였다. 통계분석을 위해서 SPSS 25.0(IBM Corp. Armonk, NY, USA) 프로그램 및 PRISM 10.3(GraphPad Software, San diego, CA, USA) 프로그램을 사용하였다. 통계적 유의성의 기준은  $p\text{-value} < 0.05$  를 기준으로 하였다.

### 3. 결과

#### 3.1. 환자 데이터

연구 기간 중 총 38 명의 일측성 전농 환자가 인공와우 수술을 받았다. 남성 21 명(55.3%) 여성 17 명(44.7%) 였으며 수술 당시 평균 나이는 43.1 세였다. 주된 병인은 돌발성 감각신경성난청(19 명, 50%) 선천성 난청(8 명, 21.1%), 청신경초종(5 명, 13.2%) 순이었다. 발병으로부터 수술시까지의 평균 기간은 95.4 개월이었으며, 수술 당시 정상측 평균 청력은 23.7dB 였다. (Table 1.)

Table 1. Patient Demographics

	Patient (n = 38)
Sex	
Female, n (%)	17 (44.7%)
Male, n (%)	21 (55.3%)
OP Age(year)	43.1 ± 23.0
Deaf duration(month)	95.4
Better ear PTA (dB)	23.7 ± 16.6
Etiology	
S-SNHL	19(50.0%)
Congenital	8(21.1%)
Schwannoma	5(13.2%)
Iatrogenic	2(5.3%)
Otosclerosis	1(2.6%)
Unknown	3(7.8%)

Data are presented as number (%) or mean ± standard deviation.

### 3.2. PNM 과 WC 방식의 비교

PNM 방식과 WC 방식으로 모두 검사를 시행한 환자는 총 17 명이었다. (Table 2.) 17 명의 환자 중 돌발성 감각신경 난청이 원인인 환자는 8 명(47.1%)였으며 선천성 난청이 5 명(29.4%)로 뒤를 이었다.

이들의 PNM 과 WC 방식으로 측정한 어음결과 비교시 자음분별력을 제외한 모음분별력, 단음절검사, 이음절검사, 문장언어 검사 및 말지각 검사 모두 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. (Figure 1.)

Table 2. Patients with PNM Method and Wireless connection Method

Patient	Sex	OP Age (yr)	Eitology	Deaf duration (month)	Better Ear PTA (dB)	CI - PTA (dB)	PNM WRS (%)	WC WRS (%)
1	M	2	Congenital	35	30	35	100	50
2	M	63	S-SNHL	3	34	30	40	0
3	M	54	Iatrogenic	8	16	40	60	20
4	M	48	S-SNHL	116	19	45	55	60
5	F	23	Congenital	124	41	29	0	0
6	F	53	S-SNHL	8	24	38	55	35
7	M	14	Congenital	60	1	41	45	0
8	M	28	Otosclerosis	84	13	29	60	70
9	M	65	S-SNHL	192	30	35	40	20
10	M	54	S-SNHL	10	45	35	60	20
11	F	66	Iatrogenic	360	29	49	0	0
12	M	55	S-SNHL	24	40	36	50	40
13	F	8	Congenital	11	2	32	60	0
14	F	8	S-SNHL	240	30	42	40	50
15	M	44	S-SNHL	98	26	28	60	40
16	F	8	Congenital	8	1	41	50	0
17	F	69	Schwannoma	2	38	30	55	35

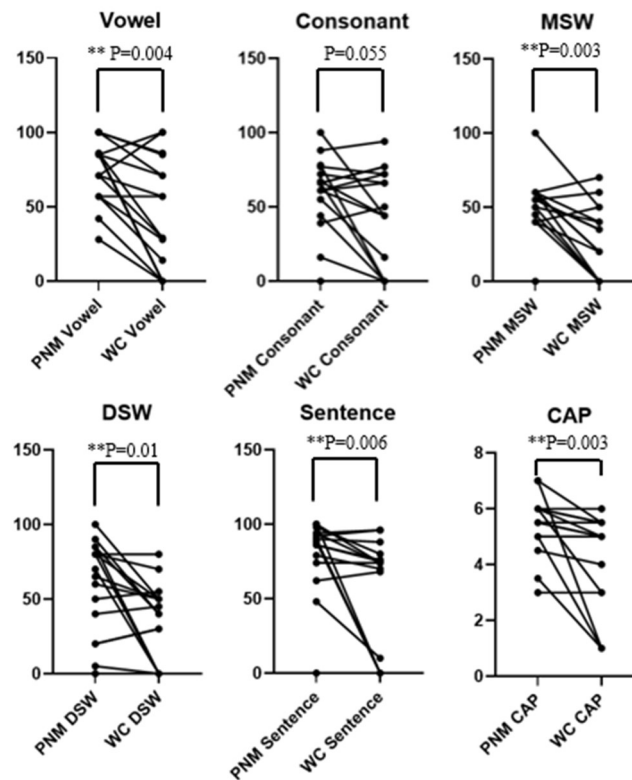


Figure 1. Speech Intelligibility of patients with 'Plugged and Muffed' method and Wireless Connection method.

PNM, Plugged and Muffed ; WC, Wireless Connection; Vowel, Vowel Discrimination; Consonant, Consonant Discrimination; MSW, Monosyllabic Words; DSW, Disyllabic Words; CAP, Categories of Auditory Performance

### 3.3. 인공와우 착용시간에 따른 청각재활변화

연구 대상군 중 인공와우 수술 이후 WC 방식을 통해 청각재활 평가를 2 회 이상 시행한 환자는 총 22 명이었으며 이중 어음검사상에서 반응을 보이지 않은 환자 8 명을 제외한 14 명의 환자가 인공와우 착용시간에 따른 청각재활변화 분석 대상에 포함되었다. (Table 3.) 수술 후 이환측 인공와우 착용시 순음청력역치  $35 \pm 7$  dB 의 역치를 보여주었으며 인공와우 일평균착용시간은  $13.6 \pm 4.6$  시간 착용하였다. 평균  $4.7 \pm 3.2$  개월의 간격을 두고 WC 방식을 통해 언어평가를 시행시 인공와우 일평균착용시간에 따른 문장언어평가의 증가는 양의 상관관계를 보였으나, 통계적으로 유의하지 않았다. ( $P = 0.20$ )

Table 3. Serial follow-up results of wireless connection method

Patient	Sex	OP Age (yr)	Etiology	CI-PTA (dB)	Follow up Interval (Month)	CI using time per day (Hr)	1 <sup>st</sup> fu WC Sentence (%)	Last follow-up WC Sentence (%)
1	M	53	S-SNHL	45	6	16	70	82
2	M	27	Schwannoma	24	2	9.6	48	88
3	M	63	S-SNHL	30	4	16	10	2
4	M	54	Iatrogenic	40	3	16	74	80
5	M	48	S-SNHL	45	4	8	74	90
6	F	1	congenital	30	12	6	94	100
7	F	53	S-SNHL	38	4	10.5	70	92
8	M	67	Unknown	39	2	16	76	94
9	M	56	S-SNHL	29	3	2.9	44	68
10	M	65	S-SNHL	35	11	16	75	84
11	M	55	S-SNHL	36	4	13	80	80
12	F	8	S-SNHL	42	3	16	96	88
13	M	44	S-SNHL	28	3	16	88	96
14	F	69	Schwannoma	30	2	11.3	76	70



## 4. 고찰

본 연구에서 일측성 전농 환자의 인공와우 수술 시행 후 청각재활 평가를 기존의 PNM 방식과 WC 방식 비교 시 모음분별력, 단음절, 이음절, 문장언어평가 및 말지각검사상에서 통계적으로 유의미한 차이가 관찰되었다. 일측성 전농 환자는 정상측의 청력이 보존되어 있기에 이환측의 청각을 평가함에 있어 정상측의 차폐는 필수적이나, 정상측 귀에 청각역치보다 40dB 이상의 세기를 가진 소리를 주어 차폐를 하는 순음청력검사 방식과 달리 어음검사에서는 소음을 이용한 차폐로 검사를 시행하기 어렵다. 기존의 PNM 방식에서는 정상측의 외이도 내 이어플러그를 삽입 후 귀덮개를 덮는 방식을 통해 44-66dB의 감약을 얻는 것으로 알려져 있다.(7) 따라서 일측성 전농환자와 같이 양이간 청력 역치가 해당 감약 이상으로 차이나는 경우에는 차폐가 충분하지 않다고 판단할 수 있다. 더불어 무선연결방식은 기존의 방식과 다르게 넓은 검사공간이 필요하지 않고, 검사자의 숙련도가 상대적으로 낮게 요구되어 검사의 시행 측면에서 있어서도 편리함이 있다. 이에 인공와우 수술을 시행한 환자군에서 수술 부위 청각재활을 평가함에 있어 기존의 PNM 방식보다는 무선연결방식이 보다 적합하다고 생각된다.

무선연결방식은 환자의 청력재활평가뿐만 아닌 청각재활 자체에도 도움을 주는 것으로 알려져 있다.(8) 일측성 전농 환자의 경우 인공와우 수술 이후에도 정상측으로 소리를 들으려는 경향이 있어 이환측의 인공와우 사용이 적고, 기존의 고식적인 대면 방식 재활치료에 있어서도 제한이 큰데 무선연결방식을 이용시 정상측을 배제한 이환측으로만 소리를 전달 및 자극하여 청각재활회복을 꾀할 수 있다.(8) 무선연결방식은 블루투스 기술을 이용하며, 최근의 스마트폰을 포함한 개인 전자기기를 활용하여 가정에서도 환자 스스로 활용가능하기에 무선연결방식을 통한 자가청각재활의 시도가 더 활발히 시도됨이 필요할 것으로 사료된다.

본 연구에서 인공와우 평균착용시간과 청각재활의 효과는 양의 상관관계가 있으나, 통계적으로 유의하지는 않은 것으로 분석되었다. 언어발달이 이루어지는 유소아 단계에서는 인공와우 착용시간이 늘어날수록 언어발달의 효과가 좋은 것으로 알려져 있으며(9) 성인에서도 인공와우 일평균사용시간이 늘어날수록 말인지가 늘어난다는 선행연구들이 있다.(10) 다만 일측성 전농 환자의 경우 정상측의 청력이 보존되어 있으며, 기존 정상측으로 소리를 들을 경우 정상언어생활이 가능하기 때문에 단순 착용시간이 길수록 청각재활효과를 더 많이 얻을 수 있는지에 대해서는 명확하지 않다. 정확한 비교를 위해서는

무선연결방식을 이용하여 이환측에만 소리자극을 주는 시간의 증가에 따른 청각재활효과의 비교를 해야할 것으로 사료된다.

환자들의 인공와우 착용시간이 짧아지는 요인에는 만족스럽지 못한 수술 결과, 어음처리기로 인한 미용적 문제, 인공와우를 착용하기 적합하지 않은 생활환경 등이 있는 것으로 분석되었다. 특히 본 연구의 대상환자들은 주로 만족스럽지 않은 수술결과를 주 원인으로 제시하였는데, 이는 일측성 전농 특성 상 정상측 청력이 보존되어 있으며 수술 후에도 정상측이 이환측보다 청력이 높다는 점에서 기거한다. 일측성 전농환자들에게 인공와우 수술을 시행하기 전에 앞서 주 수술의 목적이 양이청 확보 및 소음환경 어음분별 향상임에 대해 명확히 교육을 하여 인지도가 중요할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 인공와우 평균 착용시간을 측정함에 있어 기계 사용 시간 및 환자의 본인 진술을 모두 활용했다. 환자 본인 진술을 활용한 경우 실제보다 더 크게 제시하였을 가능성을 배제할 수 없으며, 특히 추적관찰 중 문장언어평가가 감소한 환자 4 명 중 3 명은 본인의 진술을 활용한 만큼 실착용시간이 환자 본인 진술보다 적을 가능성이 있을 것으로 판단된다. 향후 후속연구를 진행함에 있어서 기계 사용 시간을 기준으로 하여 측정하는 것이 필요할 것으로 사료된다.

본 연구의 38 명 환자중 12 명의 환자는 수술 후 무선연결방식을 통한 문장언어평가 분별력이 없는 것으로 분석되었다. 이들 중 3 명은 모음분별력, 자음분별력 등 일부 항목에서는 점수가 측정되었으나, 나머지 9 명의 환자는 언어평가의 전영역에 걸쳐 분별력이 없는 것으로 나타났다. 12 명의 환자 모두 수술 후 측정한 인공와우 착용시 순음검사는 45dB 미만으로 측정되었기 때문에 인공와우 수술 자체의 실패로 판단되지는 않으며, 인공와우 수술 이전보다 수술 이후 양이 언어평가가 증가한 환자도 있는 것으로 보아 해당 환자들의 검사 결과에는 다른 요인이 작용하는 것으로 판단된다. 이에 대해서는 추가 사례 모집 및 후속 연구가 필요할 것으로 사료된다.

무선연결방식을 통한 언어평가가 인공와우 수술 후 개선된 이환측 청력을 얼마나 대변할 수 있는가에 대한 평가 부재는 본 연구의 한계점이다. 일반적으로 인공와우 수술 시행으로 획득한 청력재활효과는 수술 전후 양이 언어평가 차이를 통해 계산할 수 있으나, 본 연구의 대상자인 일측성 전농 환자의 경우에는 정상측 청력이 보존되어 있어 수술전에도 100%에 가까운 언어평가점수를 보여주기 때문에 본 연구에서는 의미있는 결과값을 도출하지 못하였다. 환자의 주관적 청력개선평가를

위해 수술전후 설문조사를 시행하여 비교하는 방법 역시 고려되었으나, 후향적 연구 특성상 수술시기가 수년이상 경과된 환자들의 경우 수술전 평가가 정확하지 않다는 한계가 있어 이 방법 역시 배제되었다. 더불어 인공와우 수술을 통한 일측성 전농환자들의 소음환경 하 어음분별력 개선 평가를 위해 보청기 환자에서 사용하는 소음환경 언어검사(Hearing in Noise Test, HINT) 분석이 시도되었으나 검사시행표본이 적어 분석을 진행하지 못하였다.

## 5. 결론

일측성 전농환자에서 인공와우 수술 후 청력재활평가를 함에 있어 무선연결방법은 기존의 ‘Plugged and Muffed’ 방식보다 더 편리하며 보다 정확한 결과를 얻을 수 있다고 보여진다. 더불어 인공와우 수술 후 청각재활을 함에 있어서도 무선연결방식은 환자 주도적 재활이 용이하기에, 향후 무선연결방식 확대의 귀추가 주목된다.

## 참고 문헌

1. Vlastarakos PV, Nazos K, Tavoulari E-F, Nikolopoulos TP. Cochlear implantation for single-sided deafness: the outcomes. An evidence-based approach. *European Archives of Otorhino-laryngology*. 2014;271:2119-26.
2. Baguley DM, Bird J, Humphriss R, Prevost A. The evidence base for the application of contralateral bone anchored hearing aids in acquired unilateral sensorineural hearing loss in adults. *Clinical Otolaryngology*. 2006;31(1).
3. Lee JG, Park JH, Moon IS. Hearing Rehabilitation Using Bone Conduction Implants in Patients With Single-Sided Deafness After Vestibular Schwannoma Removal. *Korean Journal of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery*. 2023;66(8):514-20.
4. Arndt S, Aschendorff A, Laszig R, Beck R, Schild C, Kroeger S, et al. Comparison of pseudobinaural hearing to real binaural hearing rehabilitation after cochlear implantation in patients with unilateral deafness and tinnitus. *Otology & neurotology*. 2011;32(1):39-47.
5. Zeitler DM, Sladen DP, DeJong MD, Torres JH, Dorman MF, Carlson ML. Cochlear implantation for single-sided deafness in children and adolescents. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*. 2019;118:128-33.
6. Bae SH, Jung Y, Hur JH, Kim JH, Choi JY. Feasibility of Speech Testing Using Wireless Connection in Single-Sided Cochlear Implant Users. *Journal of Audiology & Otology*. 2023;27(3):133.
7. Abel SM, Odell P. Sound attenuation from earmuffs and earplugs in combination: maximum benefits vs. missed information. *Aviation, space, and environmental medicine*. 2006;77(9):899-904.
8. Völter C, Stöckmann C, Schirmer C, Dazert S. Tablet-based telerehabilitation versus conventional face-to-face rehabilitation after cochlear implantation: prospective intervention pilot study. *JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies*. 2021;8(1):e20405.
9. Gagnon EB, Eskridge H, Brown KD. Pediatric cochlear implant wear time and early language development. *Cochlear implants international*. 2020;21(2):92-7.
10. Holder JT, Gifford RH. Effect of increased daily cochlear implant use on auditory perception in adults. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 2021;64(10):4044-55.

## ABSTRACT

### Analysis of rehabilitation effect of Cochlear Implant in Single-Sided Deafness using Wireless Connection Speech Test Application

**Objective:** The traditional “Plugged and Muffed” method has limitations in insufficient masking when evaluating patients with Single-Sided Deafness after cochlear implantation. This study aims to analyze the differences between the conventional method and the wireless connection method and to investigate the auditory rehabilitation effects based on cochlear implant usage time.

**Methods:** This study was conducted on 38 patients with Single-Sided Deafness who underwent cochlear implantation at Severance Hospital between March 1, 2019, and July 31, 2024. Pure tone audiometry thresholds were measured before and after cochlear implantation. Speech intelligibility tests were conducted postoperatively using both the traditional "Plugged and Muffed" method and the wireless connection method. The statistical significance of differences between the two methods was verified using the Wilcoxon Signed Rank Test. For patients who were evaluated for auditory rehabilitation effects more than twice using the wireless connection method, a regression analysis was performed to determine whether the change in auditory rehabilitation was influenced by average daily cochlear implant usage time.

**Results:** Out of the 38 patients, 17 underwent both the “Plugged and Muffed” method and the wireless connection method. Statistically significant differences were observed in speech intelligibility tests, including vowel discrimination, monosyllabic word discrimination, bisyllabic word discrimination, sentence language evaluation, and speech perception test. For 14 patients who were assessed for auditory rehabilitation effects more than twice using the wireless connection method, the results of the regression analysis indicated that although longer average daily cochlear implant usage time was associated with increased auditory rehabilitation effects, the result was not statistically significant ( $P = 0.20$ ).

**Conclusion:** The wireless connection method appears to be more appropriate than the conventional method in evaluating auditory rehabilitation in patients with Single-Sided Deafness who have undergone cochlear implantation.

---

Key words: Single-Sided Deafness, Cochlear Implant, Wireless Connection