

# 인공와우이식

## Cochlear Implant

송 재 준 | 동국의대 이비인후과 | Jae Jun Song, MD

Department of Otorhinolaryngology, Dongguk University College of Medicine

E-mail : entsong@duih.org

J Korean Med Assoc 2007; 50(9): 825 - 829

### Abstract

The development and improvement of cochlear auditory prostheses have radically reshaped the management of children and adults with significant hearing loss. Rapid evolution in the candidacy criteria and the technology has resulted in a large number of individuals who have benefited from implantation. Cochlear implants replace the normal inner ear by transforming acoustic sound signals into electric stimuli and deliver them to the auditory nerve. The decision to implant in a patient is a medical and surgical one. Candidacy issues, device selection, and planning for postoperative rehabilitation are complex, which require a dedicated cochlear implant team. Medical and surgical evaluation includes all aspects of cochlear implant candidacy, including critical analysis of hearing tests, motivation of the patient and family, and status of language development. Postoperative speech recognition results are variable. The expected results depend heavily on the environment in which cochlear implants are used, as well as on case selection. In children, implantation before the age of 2 years provides a distinct advantage over later implantation in cases of early-onset deafness. Postimplantation rehabilitation can be important for some adult implant recipients, but appears to be critical for children to optimize the usefulness of an implant. For early diagnosis of neonatal deafness and early implantation, a national neonatal hearing screening program is mandatory.

**Keywords :** Sensorineural hearing loss; Cochlear implant; Neonatal hearing loss

**핵심용어 :** 감각신경성 난청; 인공와우 이식; 신생아 난청

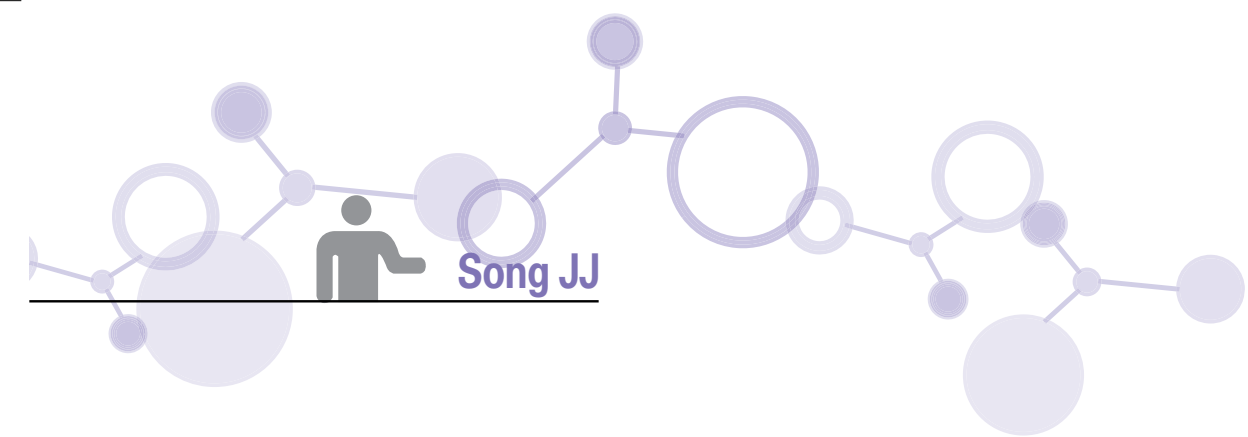
### 서론

인공와우 이식수술이란 와우의 질환으로 놓이 된 환자에게 잔존 나선신경절(spiral ganglion)을 전기적으로 자극하여 음을 감지할 수 있게 하는 인공와우를 이식하는 수술을 말한다. 인공와우 이식은 보청기를 사용하여도 도움을 받지 못하는 양측 고도 감각신경성 난청 환자들에게 유용한 청력을 제공함으로써 효과적인 재활의 방법으로 인

정되고 있으며 특히 소아에서의 인공와우 이식은 청력이 교육과 지능, 언어 발달에 필수적이라는 점에서 성인에서보다 그 중요성이 더욱 크다고 할 수 있다(1).

### 역사적 배경

역사적으로는 1790년 이탈리아의 Alessandro Volta가 처음 자신의 난청 귀에 전극을 삽입하고 자극하여 액체가 끓



는 것같은 소리를 느낄 수 있음을 발견함으로써 전기자극으로 소리를 느낄 수 있다는 것을 처음으로 알게 되었다. 1957년 프랑스의 Djournio와 Eyrices는 농환자의 내이에 전극을 삽입하고 전기자극을 가하여 음을 감지할 수 있음을 보고하였다(2). 이후 1961년 미국의 House는 단일채널을 이용한 인공와우 이식수술을 처음으로 시행하였으며 1972년에는 단일 채널 인공와우에 적용하여 착용 가능한 언어처리기를 개발하였다(3).

이후 전기자극과 소리자극에 의한 청력을 비교하는 연구가 진행되어 1978년 호주의 Clark는 10개 채널의 전극을 이식 후 자극하여 전극의 위치에 따라 느껴지는 음의 높이가 다름을 보고하였고(4) 1982년 Clark와 Pyman은 Nucleus 22 channel 장치를 언어습득기에 적용한 후 농환자에게 처음으로 이식하였다(5).

그 후 FDA로부터 1984년 House 3M의 단채널 인공와우가, 1985년에는 22채널 인공와우가 그리고 1998년에는 Nucleus 24채널 인공와우가 인가를 받았다.

## 인공와우의 구성

인공와우는 외부의 송화기(microphone), 어음처리기(speech processor), 머리장치(headset)와 내부의 수신기/자극기(receiver/stimulator), 전극(electrode)으로 구성되어 있다. 인공와우를 통해 소리가 전달되는 순서를 보면 송화기를 통해 소리신호가 전달되면 언어처리기에서 이를 전기신호로 바꾸게 된다. 이 전기신호는 전파코일(transmitting coil)을 통하여 무선으로 피부 속에 삽입된 안테나로 보내어지고 다시 수신기/자극기로 전달된다. 수신기/자극기에서는 와우에 삽입된 전극에 전기신호를 보내 와우의 나선신경절을 자극하게 되고 청신경을 통해 올라온 전기신호를 뇌에서는 소리로 인지하게 된다.

대부분의 인공와우는 위와 같은 기본구조로 구성되어 있으나 제조 회사에 따라 구조상 약간의 차이는 있다. 현재 전 세계적으로 20여개의 인공와우가 개발되어 사용되고 있는데, 가장 널리 사용되고 있는 기기는 호주 Cochlear사의 Freedom system, 미국 Advanced Bionics사의 Clarion

series, 오스트리아 Med-El사의 COMBI series 등이 있으며 현재 국내에서도 위의 3가지 기기가 승인을 받아 시술이 이루어지고 있다.

## 대상자 선정

양측 청력이 70~90dB 이상의 고도 감각신경성 난청, 혹은 농으로 일정기간 이상 보청기를 착용하여도 어음 변별력이 낮아 말소리 지각에 도움이 안되거나 언어 발달이 이루어지지 않는 경우 인공와우 이식수술의 적응이 된다. 그러나 전기 생리학적 검사상 청신경이 기능을 하고 있어야 하며 다른 내과적, 신경과적, 정신과적 문제가 없어야 하고 환자와 보호자가 수술에 대한 강한 동기를 가지고 있어야 한다.

조기에 진단된 신생아 난청의 경우 1~2세경에도 수술이 가능하며 미국 FDA는 12개월 이상에서 수술이 가능하다고 승인하였다. 뇌막염 후에 내이의 골화가 진행되는 경우에는 더 어린 나이에서도 시술할 수 있다.

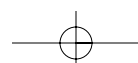
최근에는 어느정도 잔청이 남아있어도 더 나은 청력을 위해 인공와우 이식수술을 하기도 하며 양이청력(binaural hearing)의 장점을 얻기 위해 양쪽 귀에 인공와우 이식수술을 하는 등 그 범위와 적응증이 넓어지고 있다.

## 수술전 평가

환자의 평가를 위해서는 이비인후과 의사 뿐만 아니라 청각사, 언어치료사, 사회사업사, 언어병리학자, 교육전문가 등이 함께 참여하여야 하며 이를 통하여 환자의 의학적 상태뿐만 아니라 사회/경제적 상태, 교육, 가족/환경에 대한 여러가지 요소를 평가하여야 한다.

### 1. 청력검사

순음청력 검사를 통하여 난청의 정도를 파악하며 보청기를 착용하는 경우에는 착용한 상태에서도 검사를 시행한다. 나이에 따라 행동반응검사(behavioral audiometry)나 시각강화 청력검사(visual reinforcement audiometry)를 시





행한다. 객관적인 청력 역치를 측정하기 위해서는 청성뇌간 유발반응검사(auditory brainstem response audiometry)나 항준유발전위검사(steady state evoked potential)를 시행하기도 하며 술후 예후의 예측과 수술 부위의 결정 등을 위해서는 와우갑각검사(promontory stimulation test)나 전기자극 청성뇌간유발반응검사(electrically evoked auditory brainstem response audiometry)를 시행하기도 한다.

## 2. 언어 평가

음자극에 대한 기능적인 상태와 청각적인 정보를 얻고 향후 재활평가의 기초자료로 이용하기 위하여 언어지각검사를 비롯한 언어 평가를 시행하여야 한다. 단어들의 음절 수 변별능력, 문장 길이 변별능력 등을 평가하기 위하여 여러 개의 보기가 주어진 상태에서 검사하는 말소리 변별능력검사(closed set speech perception test)를 시행하고 단어와 문장의 이해능력을 평가하기 위하여 보기가 주어지지 않은 상태에서 시행하는 말소리 이해능력검사(open set speech perception test)를 시행한다. 이러한 언어 평가의 결과는 환자의 언어 수준과 인지능력에 따라 큰 차이를 보이게 되므로 이의 해석을 위해서는 연령, 난청의 발생시기, 지적 발달 정도 등의 여러가지 요인을 고려하여야 한다.

## 3. 영상의학적 검사

수술을 시행하기 전 측두골 고해상도 단층촬영과 자기공명영상으로 많은 정보를 얻을 수 있다.

고해상도 단층촬영을 통하여 난청의 원인이 되는 다양한 내이 기형을 확인할 수 있고 고 경정맥구(high jugular bulb), 와우 골화(cochlear ossification) 등을 확인할 수 있다. 또한 자기공명영상을 시행하여 청각전도로의 해부학적 이상 유무 등을 알 수 있다.

## 수 술

대개 수술은 전신마취 하에서 진행되며 피부절개의 경우 과거에는 역 U형이나 C형의 절개를 많이 사용했으나 최근

에는 귀 뒤 1cm 정도에 최소한의 피부절개만 가하는 경우가 점점 많아지고 있다. 유양동의 피질골을 노출시키고 이를 제거하는 폐쇄형 유양동절제술을 시행하고 측두골 후방에 인공와우가 놓일 위치를 정한 다음 수용/자극기의 밑부분이 위치할 공간의 크기만큼 드릴을 사용하여 피질골을 제거한다.

안면신경과 고삭신경을 찾아 이들 사이의 공간인 안면신경와(facial recess)를 개방하는 후고실개방술(posterior tympanotomy)을 시행하여 정원창에 이르기 위한 통로를 만든다. 정원창을 노출시킨 후 와우개창술(cochleostomy)을 시행하여 와우의 기저회전부에 전극을 삽입하기 위한 구멍을 뚫는다. 와우개창술은 정원창의 전하방에 실시하며 전극은 직접 시야 하에서 와우에 최소한의 손상을 주면서 부드럽게 넣어야 한다. 저항이 느껴질 때 무리하게 전극을 밀어 넣으면 와우의 나선인대(spiral ligament)와 기저막(basement membrane)이 손상될 수 있으므로 주의하여야 한다.

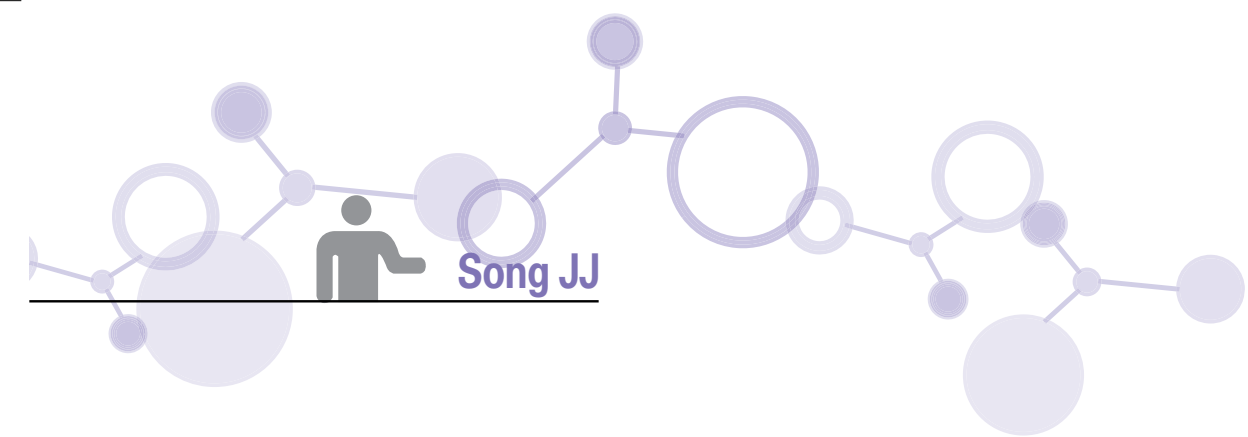
개창을 통하여 와우 내에 전극을 삽입하고 수신기/자극기와 전극을 잘 고정한 후 절개선을 봉합하고 수술을 마친다. 술 중 기기의 이상 유무를 확인하기 위하여 임피던스 검사, ESRT (electrical stapedial reflex test), ECAP (electrical compound action potential) 검사 등을 하기도 한다. 감염을 막기 위해 대개 수술 후 1주 정도 항생제를 투여한다.

와우 골화가 일어난 경우 전극을 완전히 삽입할 수 없는 경우가 있는데 이러한 경우에는 와우 기저부를 따라 뼈를 제거하여 골화되지 않은 부분을 찾아 전극의 삽입을 시도할 수 있으며 특별히 제작된 이중전극을 이용하여 양측으로 전극을 삽입할 수도 있다.

## 합 병 증

인공와우 이식수술의 합병증에 대해서는 다양하게 보고되고 있지만 일반적인 중이염 수술과 비교하여 높지 않은 것으로 보고되고 있다(6).

인공와우 이식수술 후의 합병증에는 중대한 의학적 문제를 일으키거나 재수술을 요하는 중한 합병증(major problem)과 단순한 처치로 좋아지거나 저절로 좋아지는 경한 합병증



(minor problem)이 있는데 주요 문제점으로는 전극의 압박, 전극의 위치 이상, 외림프 누공, 유돌공의 전극노출, 뇌막염, 중등도 이상의 안면신경자극 등이 있으며 부수적 문제점으로는 안면신경 약화, 정도의 안면신경자극, 정도의 미각 변화, 한시적 어지러움증, 완치된 고막천공 등이 있다(7).

## 재 활

### 1. 조율(Mapping)

수술 후 약 1개월이 경과한 후부터 인공와우를 사용하게 되는데 이 때부터 언어처리의 프로그램을 조절하는 과정이 필요하게 된다. 소리자극을 감지할 수 있는 가장 작은 소리자극의 크기인 최소가청역치(T-level)와 불쾌감을 느끼지 않는 최대 자극 강도인 최적가청역치(C-level)를 개개인마다 최대한 적절하게 조절하여 최상의 소리를 들을 수 있도록 하는 과정을 조율(mapping)이라고 하는데, 술후 정기적으로 반복해서 실시하여 최소가청역치와 최적가청역치를 재조정한다.

### 2. 언어재활치료

언어재활치료는 인공와우를 통해 제공되는 청각적 자극을 활용하여 듣기 능력을 최대화하고 이를 통해 구어 의사소통능력을 향상시키는 것을 목적으로 하며 말소리에 대한 탐지, 변별, 인지, 이해의 단계를 거치면서 말소리에 대한 지각능력을 향상시키기 위한 다양한 방법을 이용한다.

특히 소아의 재활에 있어서는 일상 환경을 통한 언어학습이 매우 중요하므로 부모와 가족이 함께 참여하여야 하며 교육현장의 교사 또한 함께 참여하여야 한다.

## 술후 결과와 예후인자

인공와우 이식수술 후 대부분의 환자들은 소리지각능력과 언어수행능력의 향상을 이루게 되지만 이러한 향상의 폭은 매우 다양하다(8).

수술 결과를 예측할 수 있는 가장 중요한 예후인자는 전농이 된 시기와 수술 당시의 나이이다. 전농이 되기 전 언어

습득이 된 경우 언어습득기 전의 전농군보다 술후 언어수행능력이 좋으며 언어습득기 전의 전농 환자의 경우 수술시기가 빠를수록, 즉 수술 당시 나이가 어릴수록 수술 후 언어수행능력이 좋은 것으로 알려져 있다.

또한 농 기간이 10년 이상 지속된 환자의 경우는 인공와우 이식수술 후 언어수행능력이 나쁜 것으로 보고되고 있다(9~12). 특히 언어습득기 전의 전농 소아에서는 인공와우 이식수술 후 지속적으로 수행력이 발달하므로 수술 직후의 결과로 속단해서는 안된다.

## 인공와우 이식의 향후 전망

### 1. 완전이식형 인공와우

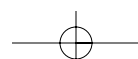
완전이식형 인공와우는 언어처리기와 마이크로폰도 체내에 이식하는 형태의 인공와우를 말하는데 중이 내에 이식된 광감지기(photodetector)를 이용하여 고막의 파동을 감지하고 이를 이용하여 나선신경절을 자극하게 된다. 모든 기기는 중이와 유양돌기를 비롯한 측두골에 이식되며 현재 연구가 진행중이다.

### 2. Electroacoustic Stimulation

저음역의 청력은 남아있는 반면 고음역에는 심한 난청이 있어 기존의 보청기로 만족스러운 어음분별력을 가지기 어려운 경우 6~10mm의 짧은 전극을 이용하여 인공와우 이식수술을 시행하고 보청기를 함께 사용하는 경우가 있는데 이를 electroacoustic stimulation (EAS)라고 하며 현재 외국에서 일부 시술이 이루어지고 있다.

### 3. 뇌간이식

뇌간이식은 청신경을 거치지 않고 뇌간의 와우핵을 직접 자극하는 술식으로 제2형 신경섬유종증으로 인한 양측성 전정신경초종 절제로 인하여 양측 전농이 된 경우 시행이 가능하다. 아직까지 인공와우에 비하여 수행능력이 낮은 것으로 알려져 있으나 독순술 등의 방법을 함께 사용하는 경우 소리의 인지와 나아가 의사소통을 가능하게 할 수 있다.





## 결론

인공와우 이식수술은 언어 후기 전농성인들 뿐만 아니라 언어습득기 전 전농 소아들의 청력 재활을 위한 훌륭한 수단으로 자리잡았다. 또한 인공와우의 발전에 힘입어 수술의 적응증도 확대되고 있으며 술후 수행능력도 많이 향상되었다.

선천성 난청을 가지고 태어나는 신생아들의 경우 신생아 청각 선별검사를 통하여 난청을 발견하고 1~2세경 인공와우 이식수술을 받아 지속적인 언어재활치료를 받는 경우 성공적인 재활이 가능하며 많은 나라들에서 이를 위한 첫 단계인 신생아 청각 선별검사를 국가적인 사업으로 시행하고 있다.

2005년도부터 우리나라에서도 인공와우 이식수술에 대한 보험적용이 이루어져 인공와우 이식수술을 받는 환자들의 수는 증가하였으나 아직도 많은 난청인들이 적절한 시기에 청각재활을 받지 못하고 있으며 신생아 청각 선별검사도 아직 국가적 차원에서는 시행되지 않고 있다.

난청인의 교육, 사회, 경제적인 재활을 위한 국가적인 비용을 감안해 보더라도 신생아 청각선별검사와 조기 재활프로그램은 반드시 필요하며 이를 위한 의료계와 정부를 비롯한 각 분야 전문가들의 많은 노력이 필요할 것으로 생각된다.

## 참고문헌

1. Balkany T, Hodges AV, Luntz M. Update on cochlear implantation. Otolaryngol Clin North Am 1996; 29: 277-289.
2. Djournio A, Eyries C. Auditory prosthesis by means of a distant electrical stimulation of the sensory nerve with the use of an indwelt coiling. Presse Med 1957; 65: 1417.
3. House WF. Cochlear implants. Ann Otol Rhinol Laryngol 1976; 85(S) 27: 1-93.
4. Tong YC, Black RC, Clark GM, Forster IC, Millar JB, O'Loughlin BJ, Patrick JF. A preliminary report on a multiple-channel cochlear implant operation. J Laryngol Otol 1979; 93: 679-695.
5. Clark GM, Blamey PJ, Busby PA, Dowell RC, Franz BK, Musgrave GN, Nienhuys TG, Pyman BC, Roberts SA, Tong YC. A multiple-electrode intracochlear implant for children. Arch Otolaryngol Head Neck Surg 1987; 113: 825-828.
6. Proops DW, Stoddart RL, Donaldson I. Medical, surgical and audiological complications of the first 100 adult cochlear implant patients in Birmingham. J Laryngol Otol 1999(S); 24: 14-17.
7. Cohen NL, Hoffman RA. Complications of cochlear implant surgery in adults and children. Ann Otol Rhinol Laryngol 1991; 100: 708-711.
8. Osberger MJ, Miyamoto RT, Zimmerman-Phillips S, Kemink JL, Stroer BS, Firszt JB, Novak MA. Independent evaluation of the speech perception abilities of children with the Nucleus 22-channel cochlear implant system. Ear Hear 1991; 12(S): 66-80.
9. Waltzman SB, Cohen NL, Gomolin RH, Shapiro WH, Ozdamar SR, Hoffman RA. Long-term results of early cochlear implantation in congenitally and prelingually deafened children. Am J Otol 1994; 15(S2): 9-13.
10. Miyamoto RT, Osberger MJ, Todd SL, Robbins AM, Stroer BS, Zimmerman-Phillips S, Carney AE. Variables affecting implant performance in children. Laryngoscope 1994; 104: 1120-1124.
11. Nikolopoulos TP, O'Donoghue GM, Archbold S. Age at implantation: its importance in pediatric cochlear implantation. Laryngoscope 1999; 109: 595-599.
12. O'Donoghue GM, Nikolopoulos TP, Archbold SM. Determinants of speech perception in children after cochlear implantation. Lancet 2000; 356: 466-468.



## Peer Reviewer Commentary

### 채 성 원 (고려의대 이비인후과)

본 논문은 인공와우 이식의 역사에서부터 현재 시행되고 있는 방법 및 미래에 시행될 새로운 치료 기술들까지 비교적 자세히 기술하고 있다. 인공와우 이식의 경우 최근 들어 소아 뿐만 아니라 성인에서도 시행되고 있으며 양쪽 전농의 경우에 따라 양이에서 모두 시행되는 등 그 적응증이 증가하고 있어 관심이 많아지고 있는 분야이다. 본 논문은 인공와우 이식에 대한 전반적인 이해를 바탕으로 비교적 상세히 기술되어 있으나 인용논문의 한글화에 많이 치우친 부분도 있으므로 실제적으로 현재 국내에서 시행되고 있는 현황이나 시술 결과 및 합병증의 실제 발병분포 등을 추가한다면 좀 더 유용한 논문이 될 것으로 생각된다. 그러나 현재 우리나라 현실상 보건복지부에서 인공와우 이식 시술 건에 대한 통계를 공개하지 않는 문제점이 있어 논문에 이에 대한 부분을 게재할 수 있을지에 대하여는 의문이 있다.