KISEP Special Articles
臨床耳鼻：第11卷 第1號 2000
J Clinical Otolaryngol 2000;11:11-22

고도난청환자에서 보청기와 인공와우이식술의 Controversy

울산대학교 의과대학 서울중앙병원 이비인후과학교실
이 광 선

Contoversy on Hearing Aids versus Cochlear Implants in Profound Hearing Loss

Kwang-Sun Lee, MD
Department of Otolaryngology, University of Ulsan College of Medicine, Seoul, Korea

서 론

고도 난청환자들의 청각재활은 먼저 청각능력과 내이의 이상 유무를 정확한 평가 후 보청기 적용 여부를 판단하고 난청의 정도에 따라 보청기의 형태와 출력의 한도를 정한 후 일정기간 보청기를 착용한다. 고도 난청의 경우 난청의 정도에 따라 청능훈련, 언어치료 등을 병행하며 청각재활과 언어발달의 가능성의 추이를 보게 된다. 그러나 적합한 보청기를 사용함에도 불구하고 청각재활 및 언어습득이 안되는 경우 인공와우이식술을 시행하게 된다. 최근 인공와우이식술의 발전과 보편화로 고도 난청환자들이 이식술을 받고 있으나, 난청 환자들 중에 와우이식술을 받는 사람은 극소수에 불과하고 대부분의 난청환자들이 보청기로 난청 문제를 해결하고 있어 보청기가 난청환자의 제일의 보조수단임에는 이론의 여지가 없다.

최근 의용공학의 발달로 인공와우이식에 대한 기술도 발전하였으나 보청기 분야도 디지탈화, 소형화, 고출력화 등의 많은 발전을 이루고 있다. 특히 디지탈 기술의 발달은 과거 보청기로 조절이 어려웠던 환자들에게 더 많은 혜택과 선택의 기회를 제공하고 있다. 그러나 고도 난청환자에 있어서 보청기 역할의 한계는 증폭음의 기술적인 발전으로 고출력의 높은 음압의 소리를 보청기를 통해야 내이로 제공할 수 있으나, 다수의 고도 난청환자는 와우의 유모세포의 파괴로 고출력의 물리적인 소리를 전기적인 신호로 바꾸지 못하여 진동으로만 들을 수밖에 없다. 그러므로 고도 난청의 다수의 환자들은 와우를 우회하여 전극으로 와우신경을 직접 자극하는 와우이식술이 불가피하다.

최근 와우이식술의 경험이 축적되고 의용공학의 발달로 신호처리 및 어음처리기술이 발달하면서 양호한 수술후의 결과가 알려지면서 와우이식술의 적용 범위가 점차 넓어지고 있다. 특히 청각계의 발달이 언어발달 및 학습능력의 발달에 지대한 영향을 주고 언어습득을 위한 증폭음의 조기 제공이 요구되고, 유소아에서 인공와우이식술의 안전성이 확립되면서, 고도 난청을 조기에 진단과 보청기 혹은 인공와우이식술에 의한 청각재활의 관심이 고조되고 있다.

청각과 언어발달

언어발달은 청각계통의 발달과 밀접한 관계를 갖으며 중추계 청각계통의 발달은 말초 청각능력이 소실되는 경우 발달하지 않는 것으로 알려져 있다. 유소아에서 언어의 기초적인 발달은 생후부터 3세까지 활발하게 발달하며 약 7세 전후까지 발달이 진행되며 청취 능

교신저자 : 이광선, 138 - 040 서울 송파구 풍납동 388 - 1
울산대학교 의과대학 서울중앙병원 이비인후과학교실
전화 : (02) 2224 - 3711 · 전송 : (02) 489 - 2773
E - mail : kslee2@www.amc.seoul.kr

Table 1. Development of hearing

3 months of gestation	Cochlear formed
4 months of gestation	Fetus react to sound
At birth	Startled at 90 dB in noisy, 50 dB in quient environment
6 months of age	Interact with sound

Table 2. Speech devlopment

8 weeks	Distinguish language spoken
18 weeks	Can associate auditory information with visual information
6 months	Learn basic sounds of language
7 months	Detect major syntactic boundaries ; recognize pause
1 year	Know about language, say first word

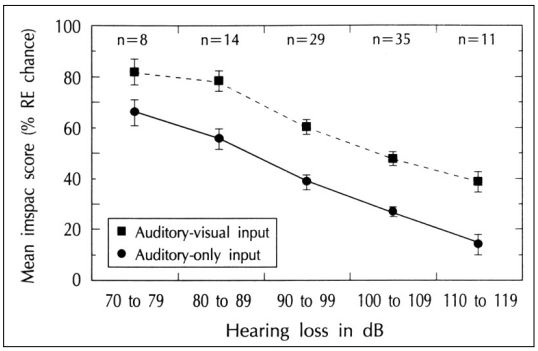

Fig. 1. Auditory-visual and auditory-only IMSPAC (Imitative test of perception of speech pattern contrast) scores of subjects grouped according to hearing loss in 10 dB interval (Boothroyd A, 1996).

력의 정도에 따라 언어구사 능력이 발달된다(Table 1, 2). 그러므로 언어중추의 지속적인 발달을 위하여 청각계통의 발달이 필수적이며, 가급적 생후 조기에 청각기를 자극하여 언어발달을 도모하는 것이 필수적이라 하겠다.

언어소통 기술의 발달에 영향을 미치는 요소들은 (1) 고도난청의 발생 및 발견 연령, (2) 보청기 사용여부, (3) 잔존 청력의 정도, (4) 언어소통 방법, (5) 가족들의 협조 등이다. 가족들의 난청아에 대한 의사소통의 방법은 유소아의 향후 언어소통의 방법에 지대한 영향을 미친다. 고도 난청환자의 의사 소통은 4가지로 (1) 듣고 말하는 auditory - verbal, (2) 입술을 읽는 구화 혹은 독화, (3) 구화 및 몸짓 등 모든 방법을 동원한 total co - mmunication, (4) 수화로 구분할 수 있다. 의사소통 방법이 보청기 등 청각보조장치를 통한 auditory - verbal인 경우 언어중추의 발달이 다른 의사소통 방법을 사용하는 사람에 비하여 월등하다는 것을 예상할 수 있다. 그러므로 인공와우이식술을 시행하는 경우 위의 4가지 의사소통 방법 중 언어중추가 발달되었을 것으로 예상되는 auditory - verbal 환자들이 total communication 환자 보다 와우이식 후 언어습득의 좋은 효과를 기대할 수 있다. 특히 유소아의 초기 교육이 청각, 언어 발달에 많은 영향을 미친다. Fig. 1은 고도 난청환자들을 청력손실을 따라 10 dB 간격으로 나누어 언어청취능력과의 관계를 나타낸 것으로 청각 단독 혹은 청각과 시각정보를 함께 제공하고 난청에 따른 언어청취 능력의 변화를 관찰하였다. 시각정보가 제공되지 않는, 청각 단독으로 언어청취능력은, 시각정보를 동시에 제공하는 경우 보다 약 25%의 언어청취 능력의 감소가 있음을 나타내고 있다. 청력손실의 정도와 언어구사 능력은 밀접한 관계가 있어 70 90 dB HL 정도의 청력 손실이 있는 경우는 보청기 등으로 재활하면 50 80%의 언어청취 능력을 발휘할 수 있으나, 110 dB HL 이상의 난청이 있는 경우는 보청기를 잘 사용하여도 청각만으로는 20% 미만의 언어이해 능력만을 나타내게 된다. 그러므로 유소아의 고도난청이 진단되는 경우 보청기의 착용은 청각계통 및 언어중추의 발달을 위하여 필수적이며 가급적 조기에 보청기를 착용하여야 한다.

조기에 보청기를 착용하려면 조기 진단이 필요하나 고도난청에 대한 진단이 구미에서도 2세 전후에 되는 것으로 알려져 있다. 최근 조기 screening에 대한 홍보 및 뇌간유발반응검사 혹은 이음향반사에 의한 신생아들의 screening 검사가 활발해 지면서 선천성 고도 난청환자의 조기발견이 증가하고 있다.

청력손실에 있어서 조기 발견의 중요성

소아의 청력손실은 언어발달과 학습능력의 저하를 가져온다. 난청 환자의 학습능력 문제의 예로 한쪽 귀에 45 dB 이상의 청력손실이 있는 경우 난청 환자의 5%에서 1년 이상 낙제를 하고, 양쪽 귀에 40 dB 이상의 청력손실이 있는 경우, 같은 연령의 다른 사람에 비하여 의미

Table 3. High risk registry

Family history of heairng loss
Hyperbilirubinemia requiring exchange
Congenital infection (TORCH)
Craniofacial anomalies
Birth weight less than 1500 gm
Bacterial meningitis
Asphyxia (Apgar score <3 at 5 min)
Ototoxic medication
Mechanical ventilation > 10 days
Syndromes that include hearing loss

있게 언어 구사 및 학습능력의 저하를 나타나게 된다. 또한 고도 난청이 있는 경우는 고등학교를 졸업할 학년의 독해 능력이 중학교 1학년 정도의 독해능력에 지나지 않는다고 보고되고 있다.

난청의 조기 발견은 구미에서 활발히 논의되어 시행되고 있으며 그 방법으로 신생아 혹은 유아 screening을 시행하고 있다. 특히 난청이 일어날 수 있는 고위험의 신생아들은 청력검사를 의무화하고 있으며, 최근에는 고위험군 뿐 아니라 일반 신생아들도 screening을 해야 한다고 주장하고 있다(Table 3). NIH Consensus Statement(1993년)는 (1) 신생아 중환자실에서는 퇴원 이전에 모든 유아에서 난청을 screening을 하여야 하고, (2) 모든 유아는 생후 3개월 이내에 screening을 하여야 한다고 정하고 있다. Joint Committee on Infant Hearing(1994년)은 유아난청의 조기발견은 3개월 이내에 하고 난청의 재활은 생후 6개월부터 시작하여야 한다고 규정하고 있다. 그러나 위와 같은 노력에도 불구하고 난청의 고위험군 유소아들의 50%에서만 screening 검사에서 난청이 발견된다. 즉 1/3의 선천성 난청 어린이는 난청의 위험요소를 가지고 있지 않다고 할 수 있다.

실제 screening 검사의 확대에도 불구하고 2세 되기 전까지 난청의 발견이 되지 않는 경우가 많다. 미국에서 난청아동에 대한 재활의 시작의 평균연령은 20개월로 난청의 발견 연령은 소아 중환자실에 입원했던 어린이는 평균 20개월, 일반 신생아실에 있었던 아기들은 평균 19.6개월에 난청이 발견되어 재활이 시작되었다고 보고되고 있다.

난청검사 및 검사의 선택

유소아의 난청 검사는 일반적으로 청력손실의 의문이 있는 경우 시행되는 경우가 많고 유아인 경우 청력손실을 표현하지 않아 이를 조기에 발견하여 검사하기가 어렵다. 옹알이는 난청이 있는지 여부를 알 수 있는 간단한 징표로 이를 이용하는 경우 비교적 빨리 청력손실을 의심할 수 있다. 유아의 옹알이는 여러 가지 종류로 이들 중 말하는 듯한 옹알이로 소리의 쉼이 있고 높낮이가 있는 즉, canonical babbling이 중요한 의미가 있다. 소리의 리듬이 없고 단조로운 옹알이는 난청아들도 하며 이는 의미가 없다. 만일 생후 10개월까지 canonical babbling이 없는 경우 청력손실은 40 dB 이상 있다고 예상할 수 있다.

난청이 의심되는 경우 청력검사를 시행하게 되며 청력검사는 환자의 연령에 따라 검사방법이 다르다. 검사는 원칙적으로 주파수특성을 갖는 검사를 하여야 한다. 청력검사 중 순음청력검사가 모든 치료 혹은 재활 방법을 적용하기 위한 기본자료가 되며 환자의 연령 등 검사의 협조의 문제로 순음청력검사를 하지 못하는 경우 주파수특성을 갖는 주관적인 검사를 시행하여야 한다. 순음청력검사를 하지 못하는 유소아들에서 주파수특성을 갖는 청력검사 결과를 얻기 위하여 VRA(Visual Reinforcement Audiometry) 혹은 유희검사(play audiometry) 등을 시행하고 이들의 검사가 불가능한 경우 뇌간유발반응검사(ABR)를 실시하게 된다.

연령에 따른 청력검사 방법

Observation Audiometry

생후 6개월까지는 소리를 준 다음 아기의 젖을 빠는 힘의 변화, 눈 움직임, 팔다리의 움직임으로 듣는지를 알아보는 검사를 한다. Observation Audiometry의 목표는 주파수 특성을 갖는 검사결과를 얻고자 하는 것으로 wabble tone 혹은 narrow band noise를 사용하고 speech threshold awareness thresholds를 저음 /ba/, 중간음 /sh/, 고음 /s/로 역치를 판단할 수 있다. 즉 /ba/ 소리는 500 Hz 주변의 소리를 나타내고, /sh/ 소리는 2000 Hz 주변, /s/ 소리는 3000 Hz 주변의 소리를 나타낸다.

Visual Reinforcement Audiometry(VRA)

6개월부터 3세까지는 불이 들어오는 인형을 유리관 안에 장치한 후 소리가 나서 단추를 누르면 인형이 움직이게 한 장치를 사용하게 된다. 이러한 장치는 일종의 행동반사를 이용한 것으로 조건을 만드는데 시간이 소요된다. 생후 5 6개월의 유아는 소리에 조건반사를 만들 수 있다. 즉, 대부분의 유아들은 소리에 대하여 머리를 돌리고 반복적인 소리자극에 의하여 머리를 돌리게 습관화시킬 수 있다. 소리에 대하여 고개를 돌리는 조건반사는 불이 들어오는 인형 등을 사용할 수 있다. VRA는 양쪽 각각의 귀를 500 Hz와 2000 Hz를 먼저 검사하고 4000 Hz 혹은 250 Hz를 검사하게 된다. 만일 500 Hz와 2000 Hz에 의미 있게 큰 차이가 있는 경우 1000 Hz를 추가로 검사한다.

유희 청력검사(play audiometry)

3세 이상인 경우로 주파수 특성을 갖는 검사를 시행하며 VRA 혹은 유희청력검사가 불가능한 경우 뇌간유발반응을 실시한다.

뇌간유발반응검사(Auditory Brainstem Response, ABR)

ABR은 raw click을 사용하는 경우 2000 4000 Hz까지의 정보를 제공함으로 저음역의 청력손실을 찾아내지 못하는 단점이 있다. 역치의 변동이 +/- 20 dB로 실제 순음청력검사의 역치와 차이를 보일 수 있다는 것을 염두에 두어야 한다. ABR이 고음역의 한정된 정보를 제공함으로 저음역의 정보를 얻기 위하여 tone burst를 이용한 주파수 특성의 ABR를 측정한다. 500 Hz tone pip을 사용한 ABR은 500 Hz 주변의 저음역의 청력의 정보를 제공할 수 있으나 단점으로 소요시간이 길고 어린이의 수면상태가 결과에 영향을 줄 수 있다는 것이다.

보청기의 적용

고도 난청이 진단되는 경우 이론적으로는 생후 6개월 이전에 보청기를 착용하는 것이 좋으나 실제 유아의 보청기의 착용은 feedback의 문제로 아기가 머리를 가눌 수 있는 연령이 되어야 가능한 경우가 많다. 즉 어린이가 앉을 수 있는 연령이 되면 머리를 가눌 수 있고 보청기의 착용이 가능해진다. 유아의 보청기 착용은 보청기 착용으로 끝나는 것이 아니라 청능훈련을 실시하는 것이 조기 발견 못지 않게 중요하다. 증등도 난청환자의 보청기 적용은 이론의 여지가 없으나 고도 난청아에 대한 조기 보청기 착용에 대하여 이론의 여지가 없다. 그러나 환자의 나이가 너무 어린 경우 고개를 가누지 못해 feedback이 발생함으로 생후 약 6개월 정도 되어야 머리를 가눌 수 있고 앉을 수 있는 연령이 되어야 보청기 착용이 용이하다. 그러나 초등학교 고학년 혹은 중학교에 들어가면서 어린이의 연령이 12 13세가 되면 본인의 의사표현이 명확하고 보청기에 대한 거부감이 있는 경우 보청기의 착용이 어렵다.

유소아의 보청기의 착용은 기술적인 어려움이 있어 보청기를 사용하고 있는 고도 난청아들을 분석해본 결과 100여명의 보청기 착용 아동 중 반 이상이 부적절한 보청기를 착용하고 있었다고 보고되고 있다. 즉 부적절한 보청기의 대부분이 증폭음의 부족으로 보청기 착용 후에도 언어 바나나에 있는 소리들을 판별하지 못하였다. 그러므로 어린이는 보청기를 착용하고 있다 하더라도 듣는다고 할 수 없다. 잔여 청력을 충분히 이용하지 못한 경우에도 잘못된 보청기 착용이라고 할 수 있다.

이와 같은 부적절한 보청기의 가장 흔한 원인은 보청기의 출력의 문제로 earmold의 문제 등 fitting이 부적절하게 되어 보청기의 충분한 출력을 사용하지 못하기 때문이다. 부적절한 보청기의 gain은 고도 난청환자에게 언어를 감지할 수 있는 수준까지 증폭음을 제공하지 못함으로 언어습득 및 청능훈련이 적합하게 이루어질 수 없다. 소아들의 보청기의 문제는 이러한 부적절한 gain 뿐 아니라 적절한 청력의 평가가 되지 않아 주파수별 청력의 수요를 예측하지 못한 경우가 많다.

누가현상과 소리의 증폭

정상인은 겨우 들을 수 있는 소리로부터 불쾌감을 느끼는 소리까지 약 100 dB 이상의 dynamic range를 갖고 있다. 실제로 대화에 있어서 자음과 모음의 소리의 영역은 차이가 있어 자음은 소리가 적으며 고음역 소리의 특성을 갖고 있으나 모음은 소리가 강하며 저음역 소리의 특성을 갖고 있고, 자음과 모음의 dynamic range는 약 30

dB 된다. 1988년 Bothroyd에 의하면 감각신경성난청 환자에서 dynamic range는 60 dB을 기준으로 하여 60 dB 미만인 경우 dynamic range는 (100 - 손실) dB, 즉 40 dB의 SNHL인 경우 dynamic range는 100 40= 60 dB가 된다. 그러나 60 dB 이상의 청력손실이 있는 경우 dynamic range는 (70 - 손실의 1/2) dB, 예를 들어 90 dB의 청력손실이 있는 경우 70 90/2=25 dB 즉 dynamic range가 25 dB로 축소되는 것이다.[1)]

이러한 dynamic range의 축소는 누가현상으로 나타나고 고도 난청이 있는 경우 주로 고음역에서 손상을 나타내며 누가현상도 고음역에서 많이 나타내게 된다. 자음과 파열음은 대부분 고음역이고 고음역의 손상으로 고음역의 출력을 높이는 경우 환자들은 쉽게 누가현상에 의하여 불편을 느끼게 된다. 정상에서 모음과 자음의 dynamic range가 30 dB임으로 모음과 자음의 인식에도 불편을 느끼게 되는 것이다. 누가현상은 청신경섬유 반응의 변화에 의하여 유발된다.[2)] 즉 청력손실이 발생하면 와우의 유모세포가 파괴로 인한 것이고 신경섬유의 tuning curve가 완만하고 무디게 된다. 그러므로 소리가 적은 경우 반응을 보이지 않다가 일정 수준에 도달하면 여러 개의 신경섬유가 동시에 자극을 받아 누가현상이 일어나게 되는 것이다.

최근의 보청기의 기술의 발달로 누가현상이 있는 경우 소리를 압축하여 dynamic range 내로 소리를 주나 압축하는 과정에서 어느 정도의 소리의 변형을 피할 수는 없다. 그러나 인공와우이식은 청신경을 직접 자극하는 것으로 출력을 조절하여 신경들이 혼합되어 자극받지 않게 조정할 수 있어 누가현상이 없다. 그러므로 누가현상으로 보청기를 착용하지 못하는 환자인 경우 인공와우이식을 고려할 수 있다.

소아 난청과 보청기

소아난청의 특징은 성인과 달리 중등도의 난청만 있는 경우에도 언어발달이 늦어지고 이에 따라 학습능력의 저하를 가져온다. 또한 소아난청은 시간이 지남에 따라 점차 악화되는 경향이 있다. 또 다른 특징은 난청에 대한 조치로 보청기를 하는 경우 성인과 달리 언어발달이 빠르게 향상된다. 그러므로 소아 난청에서 중요한 것은 조기 발견, 조기 증폭음의 제공 그리고 청능훈련을 통한 조기 교육으로 대별할 수 있다. 그러나 고도 난청환자의 보청기 적용은 특히 유소아인 경우 청력검사의 어려움으로 정확한 청력의 판단이 어려워 보청기를 통하여 난청의 정도를 재확인하고 난청이 있는 청각기에 보청기를 통한 조기 증폭음에 노출 그리고 보청기를 통한 귀에 기구의 부착 훈련으로 추후 인공와우이식술의 귀 혹은 몸의 부착물을 부착하는데 어려움을 극복한다는 것에 의의가 있다.

유소아 외이도의 특성

유아의 외이도의 공명주파수는 태어날 때 6000 Hz에서 2 7세 2700 Hz로 감소한다. 또한 연령이 너무 어린 경우 외이도의 크기가 변함에 따라 자주 earmold를 바꿔야 한다. 일반적으로 소아인 경우 6개월마다 earmold를 바꿔야 한다.

보청기 출력

소아인 경우 언어 습득을 위하여 보다 많은 청력이 필요하고 성인에 비하여 같은 음의 크기에 언어의 이해가 낮다. 즉, 소아나 유아의 prescriptive targets은 성인에 비하여 높다. 유아인 경우 성인에 비하여 같은 어음명료도를 갖기 위하여 25 28 dB 더 높은 음이 필요하다. 또한 소아인 경우 소음 속에서 어음의 역치가 성인에 비하여 20 dB 높은 것으로 알려지고 있다.

보청기 형태의 선택

몸을 여기 저기 부딪치는 연령의 어린이인 경우 귀속형(ITE) 혹은 고막형(ITC)은 외상에 의한 귀의 손상이 있을 수 있어 귀걸이형이 ITC/ITE 보다 이상적이다.

귀걸이형 보청기는 높은 출력을 얻을 수 있어, 소아 특히 선천성 난청인 경우 고도난청이 많아 높은 출력이 요구되어 귀속형 등 소형 보청기보다 귀걸이형의 보청기를 필요로 하는 경우가 많다. 또한 귀걸이형 보청기는 electroacoustic flexibility뿐 아니라 telecoil, FM listening system 혹은 주파수변위를 적용시킬 수 있어 어린이의 청력상태, 교육적인 환경 등에 의하여 보청기가 선택되어야 한다.

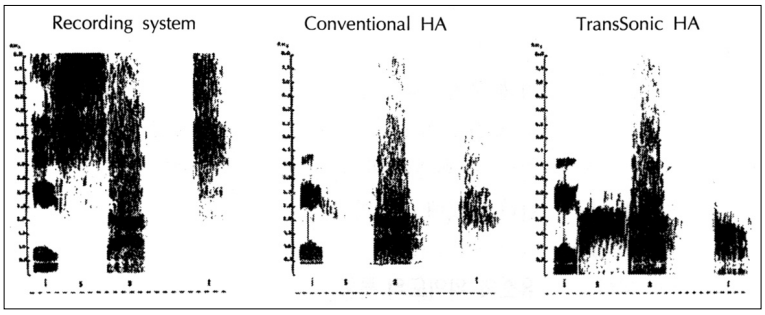

Fig. 2. Spectrogram nonsense word /isat/. Recording system shows the word recorded through a high fidelity recording system, conventional hearing aids and through the TransSonic with Zv=1, Zc=4. High-frequency speech energy in the /s/ and /t/ phonemes in conventional hearing aid that are absent or reduced in intensity and presnet in the transposted condition (AVR Sonovation, Chan-hassen, Minnesota).

FM(Frequency Modulated) 보청기

FM 보청기는 radio 방송과 비슷하게 radio frequency (RF)로 마이크로폰과 보청기 사이를 연결하는 것으로 이것의 장점은 신호/소음의 비가 높다는 것이다. 대부분 귀걸이형 보청기 모양으로 FM 안테나가 달려 있는 것이 특징이다. 어린아이로서 언어습득을 위한 청능훈련이 필요한 경우 FM 보청기가 적합하다. 청력손실이 90 dB을 상회하며 주변의 소음 수준이 40 dB 이상인 경우 신호/소음 비를 낮추어야 어음판별력이 좋아진다. 그러므로 microphone을 이용한 언어치료는 높은 신호음이 전달됨으로 어음판별력이 좋아진다. FM 보청기는 microphone을 사용함으로 말하는 사람과 보청기를 갖고 있는 어린이와의 거리가 있는 경우에도 어음의 전달이 명료하고 특히 교실 등 주위 소음이 많은 곳에서의 교육에는 필수적이라 할 수 있다.

주파수 변조(Frequency Transposition) 보청기

주파수 변조 보청기는 들어오는 소리를 주파수 별로 구분하여 소리를 압축하여 높은 음역의 소리를 저음역으로 이동시켜 어음을 감지하게 한다는데 이론적인 근거를 두고 있다. Fig. 2는 녹음기와 기존 보청기, 주파수 변조 보청기를 사용하여 /isat/를 발음한 후 spectrogram을 본 것으로 기본의 보청기는 /s/, /t/ 등 고음역의 소리에 대한 음의 감도가 현저히 떨어지거나 없으나 주파수변조 보청기에서는 나타나는 것을 보여주고 있다. 이와 같이 주파수변조 보청기는 고음역의 소리를 저음역으로 이동시켜 소리를 감지하게 한다. 자음역은 2500 Hz 이상으로 Zc(consonant) coefficient로 Dynamic consonant booster(DCB) circuit에 작용하고 모음역은 2500 Hz 이하로 Zv(vowel) coefficient로 Zc를 이동

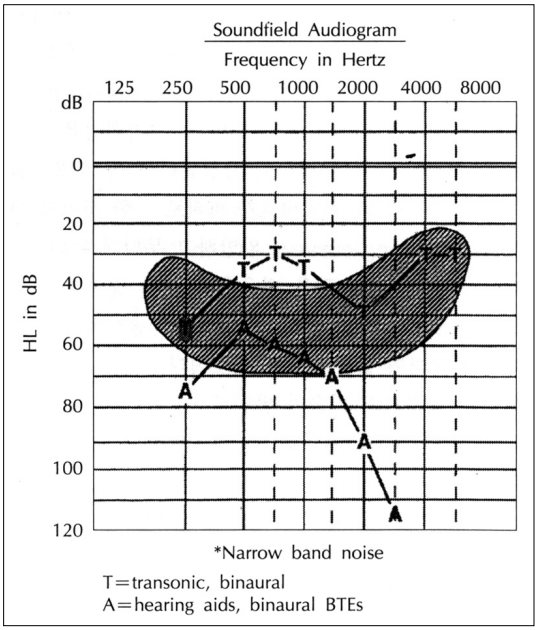

Fig. 3. Soundfield audiogram of aided narrow-band-noise thresholds obtained using conventional hearing aids vs the TransSonic device (Parent TC, 1997).

시켜 저주파수 음역으로 주파수를 변조시킬 수 있다. 주파수변조 보청기는 이스라엘의 AVR사의 TranSonicTM (FT - 40 MKII)가 널리 사용되기 시작하였고 최근 AVR사에서 귀걸이형의 Impact 보청기가 보급되고 있다. Fig. 3은 저음역만 일부 남아있는 고도 난청환자에서 sound field에서 측정한 일반적인 보청기의 aided response를 나타내고 있으며, A는 청력도내에서 빗금친 언어바나나에 일부 주파수만 도달하여 전체적으로 어음을 인식하기에는 충분한 gain을 주지 못하고 있음을 표시하고 있다. 그러나 주파수변위 보청기의 aided response인 T는 저음역 뿐 아니라 일반적인 보청기로는 gain을 충

분히 얻지 못하던 고음역에도 증폭음이 청력도내의 어음바나나 내로 들어가 어음인식을 위한 소리자극을 충분히 얻고 있음을 보여주고 있다(Fig. 3).

양측 귀 보청기의 착용

양측 청력손실이 있는 경우 양측 보청기에 의한 청취의 방해가 되지 않는 이상 양측 보청기를 사용하여야 한다. 특히 고도난청환자인 경우 양측 보청기를 사용하여야 한다. 양측 보청기를 사용하는 이유는 다음과 같다. (1) 소음 속에서 어음을 이해하는데 유리하다. (2) 소리크기의 상승효과가 있어 약 3 dB 증강이 있다. (3) 언어분별력을 8%에서 24%까지 증가시킨다. (4) 소리의 방향을 감지할 수 있다. (5) 또한 장기간 사용하지 않는 귀는 청취 능력의 감소를 나타낼 수 있다. (5) 보청기를 사용하는 어린이들의 보청기는 약 1/3이 작동을 하지 않거나 부적절하게 작동함으로 양측 보청기를 사용하는 경우 한쪽 보청기의 고장에도 반대측이 작동하여 청취력을 유지할 수 있다.

그러나 양측 귀 보청기의 사용에서 나쁜 쪽 귀가 어음의 이해를 방해할 수 있다. 특히 변동성의 청력, 청력이 점점 나빠지는 청력인 경우 방해를 많이 받을 수 있으며 이런 경우 일측만 보청기를 사용하여야 한다.

보청기의 문제점

보청기의 가장 흔한 문제점은 acoustic feedback이며 귀걸이형(Behind the Ear, BTE)이 귀속형(In the Ear, In the Canal, ITE/ITC) 보청기 보다 feedback이 적다. BTE인 경우 마이크로폰과 earmold를 통하여 소리가 전달됨으로 receiver의 사이가 멀기 때문이다. 보청기 feedback의 가장 흔한 원인은 외이도를 통한 소리의 유출이며 이를 방지하기 위하여 고출력의 보청기인 경우 vent를 만들지 말아야 하며 earmold에 연결되는 tube는 heavy tube를 사용하여야 한다. 최근 많이 보급되고 있는 digital 보청기는 digital feedback suppression circuit(DFS)가 장착됨으로 feedback 없이 큰 출력을 얻을 수 있다. 그러나 digital 보청기의 문제는 출력의 한계가 있다는 것이고 최근 회로기술의 발달로 점차 극복되고 있다. Feedback 등 보청기의 fitting을 적합하게 하기 위하여 보청기의 회로의 특성을 고려하여 적절하게 선택하여야 한다.

고도 난청환자의 보청기 fitting의 한계는 잔존청력의 부족으로 주파수별 부족한 청력을 보강하기 어렵고 일반적인 보청기로 gain을 증가시키는 경우 주파수 전체의 증폭이 이루어지는 것이다. 주파수별 특성을 고려한 출력의 조절은 회로의 증폭기를 외부 컴퓨터로 조절할 수 있는 프로그램보청기, 주파수별 특성을 조절할 수 있는 multiband 보청기, 언어소통시 주위환경에 따라 회로를 선택할 수 있는 multimemory 보청기, 신호/잡음 비율을 증가시키는 FM option이 있는 보청기를 선택할 수 있다.

보청기에 의한 청력손상

소아들인 경우 고도난청으로 높은 출력을 갖는 보청기를 사용하는 것이 보통이고 장기간 보청기를 사용함에 따라 점차 청력이 약화되는 경우를 볼 수 있다. 그러나 청력약화가 보청기에 의한 직접손실의 가능성과 더불어 자연적인 청력손실의 가능성을 고려하여야 한다. 그러나 소아에서 보청기에 의한 청력손실에 관한 연구는 많지 않으나 보고되는 문헌에 의하면 잘 계획되어진 논문에서 보청기에 의한 청력손상은 소수(약 0.2%)에 지나지 않는 것으로 발표되고 있다.

난청은 선천적 혹은 후천적이거나 시간이 경과함에 따라 점차 청력이 나빠지는 것이 보통이다. 그러나 대부분 고도난청인 경우 어음인식 수준까지 청력을 높이기 위하여 고출력의 보청기를 사용하게 되고 출력이 128 dB 이상인 경우 주의를 요한다. 그러나 일반적으로 고출력 보청기에 의한 청력손실을 감안하더라도 보청기로 소리를 듣고 언어를 습득시키는 것이 더욱 중요할 수 있음을 고려하여야 한다.

와우이식술의 적용

보청기, Tactile device, 와우이식술의 선택

고도 난청환자의 재활은 보청기로서 청력을 회복할 수 없는 경우 또 다른 시도로 tactile device가 임상적으로 도입되었다. Tactile device는 들어오는 소리를 변형시켜 275 Hz 주변의 소리로 만들고 손목이나 흉골 앞에 부착하여 소리를 감지하게 하였다. Tactaid 7(Franklin,

1991)은 7 filter band의 7 channel로 소리를 분리하여 F1, F2로 분리하여 언어의 spectral peak vibrator를 통하여 전달하였다. 그러나 Fig. 2와 같이 Tactaid 7, 보청기, 인공와우이식의 결과를 비교한 결과 Tactaid가 인공와우이식에 비하여 통계적으로 유의하게 어음인지력이 떨어져 고도난청 환자에서 더 이상 tactile device의 사용이 선택되지 않고 있다.

보청기와 와우이식의 비교는 고도 난청의 정도와 난청기간, 보청기 혹은 와우이식의 기간 등을 고려하여 판단하여야 하며, 1995년 Miyamoto 등은 24명의 말을 배우기전에 고도난청이 된 어린이에서 보청기를 사용한 후 다중 channel 인공와우이식을 수술하고 결과를 비교하였다. "gold" 대상자는 평균 순음평균이 92 dB HL이었고 "silver" 대상군의 순음평균은 104 dB HL이었다. 인공와우이식 환자들은 시간이 경과함에 따라 성적이 좋아져 수술 2개월 후 인공와우이식군과 silver군과의 어음, 단어, 문장들의 판별력은 비슷해졌고 수술 후 2년 반 후 인공와우이식 군이 gold 군 보다 모음의 판별력, 청각-시각에 의한 어음 판별력이 더 좋았다고 보고하고 있다(Fig. 4).[3)]

인공와우이식의 대상자는 농 혹은 농에 가까운 환자

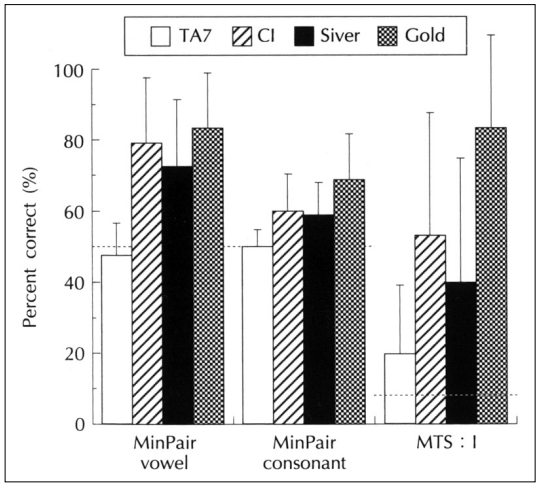

Fig. 4. Mean scores of tactile aid, multichannel implant and hearing aids. Silver hearing aid : mean pure tone average=103 dB HL, gold hearing aid : mean puretone aveage=94 dB HL. Minimal pairs : vowel and consonant, MTS : I ; Monosyllable trochee spondee identification test. Chance performance is marked by the dashed horizontal lines (Osberger MJ, 1996).

로 순음평균(0.5, 1, 2 kHz의 평균)이 100 dB 이상이고 보청기를 착용한 순음평균이 60 dB 이상인 경우, 최적의 보청기로도 보기를 주지 않고는 어음인식이 안 되는 경우 인공와우이식의 적용이 된다. 그러나 고도난청 환자에서 인공와우이식의 임상 결과가 밝혀지면서 인공와우이식이 보청기를 사용한 결과보다 좋은 것이 밝혀짐에 따라 인공와우이식의 적용 범위가 순음평균이 90 dB 이상이고 보기를 주지 않은 문장 검사 결과가 30%까지 확대되고 있다.[4)] 이는 인공와우이식 후 평균 어음명료도가 수술전의 어음명료도를 상회하기 때문이다.

인공와우이식의 적용은 이비인후과 전문의의 주관에 따라 다르며 양측 귀에 적합한 보청기를 4개월 이상 사용하여야 하고 보청기를 사용하여도 60 dB HL의 어음을 판별할 수 없는 경우로 보기를 주지 않은 검사에서도 양측 귀의 보청기를 착용하고도 4% 미만의 어음 판별력 및 10% 미만의 문장 판별력이 있는 경우 이식을 적용하기도 한다. 그러나 순음평균이 청력상태를 나타내는 편리한 표현이지만 실제 각자 환자의 보청기를 사용한 경험이 인공와우이식 대상자를 선정하는데 중요하다. 미국의 FDA는 인공와우이식 대상자는 반드시 6개월 이상 고출력의 양측 보청기 사용과 이를 사용한 어음청력검사를 요구하고 있다. 소아의 인공와우이식의 적용은 순음평균이 90 dB HL 혹은 그 이상이고, 보청기의 효과를 기대할 수 없음에도 보청기를 착용하는 것은 인공와우이식 수술 후 headset 등 부착물을 부착할 수 있다는 것을 의미하기 때문이다. 어린이에서 와우이식술은 이미 FDA에서 공인받은 것과 같이 성공적이다. 특히 2 3년 청능훈련이 된 후 언어의 습득과 구사가 가능하게 된다.

그러나 인공와우이식 수술의 어려움 혹은 효과가 없을 것으로 기대되는 다음과 같은 경우는 수술을 피해야 한다. (1) 선천적으로 내이도가 발달하지 않은 경우, (2) 청신경종양, 특히 neurofibromatosis type II와 같은 양측 청신경종양, (3) 뇌막염 등에 의한 와우내의 ossification이 된 경우.

인공와우이식의 결과

다중 채널의 와우이식술이 어린이에게 안전하고 효과적이라는 것이 판명되었으나 결과는 다양하게 나타날

수 있으며 난청의 시기와 수술의 시기가 중요한 요인으로 인정되고 있다. 와우이식술의 결과에 영향을 미치는 요소로는 (1) 이식기의 종류, (2) 고도난청이 된 기간, (3) 와우이식기의 사용기간, (4) 의사소통의 방법, (5) 고도난청이 시작된 연령, (6) 지능, (7) 수술받은 연령 등이 있다. 난청 아동들의 활발하게 언어를 습득하는 시기 이전에 와우이식술을 시행하는 경우 언어습득의 가능성이 높아진다는 것은 잘 알려진 사실이며 청소년기를 지난 경우 언어를 습득하기 전 농이 된 경우 와우이식 후의 언어습득이 어려운 것으로 알려져 있다. Fig. 5는 인공와우이식술을 받은 22명의 환자들을 대상으로 수술을 받은 연령과 수술후의 결과 연령별로 구별하여 표시한 것이다. 검사는 보기가 없는 PBK(phonetically Balanced Kindergarten) 단어 검사하였으며 4 5세 이전에 수술받은 아동들의 언어습득이 4 5세 이후에 수술받은 아동들보다 PBK 단어 검사의 점수가 높음을 보여주고 있다.

와우이식의 단기적인 결과는 말을 습득한 후에 난청이 되는 경우 말을 배우기전 난청이 된 환자보다 보기를 주지 않은 검사에서 언어판별력 및 습득이 빠르다. 그러나 장기간 관찰하면 언어습득의 차는 시간이 갈수록 좁아지며 이는 말을 배우기전에 난청이 된 경우 시간이 경과함에 따라 언어습득의 속도가 증가하기 때문이다. 정상적인 아동과 고도난청 아동에서 보청기와 인공와우이식술을 시행한 아동들의 언어 구사능력을 그래프로 나타낸 것으로 보청기를 사용한 경우 사용 기간이 길어짐에 따라 완만한 상승을 보이나 인공와우이식을 한 경우 초기 수평을 그리다 사용기간이 20개월 이후부터 정상아동과 같은 속도로 언어취득이 되는 것을 보여주고 있다. 초기 와우이식의 결과는 보청기에 의한 언어습득과 큰 차이를 보이지 않으나 시간이 지남에 따라 정상아동과는 6개월 정도의 일정한 차이는 있으나 언어습득 및 언어구사 능력이 계속 증가하는 것을 알 수 있다(Fig. 6).

인공와우이식술의 결과는 환자의 수술 전 의사소통 방법과 관련이 있어 6세 이전이나 6세 이후에 수술받은 모든 환자에 있어서 total communication보다 oral communication을 한 경우 와우이식술 후 어음판별력이 좋은 것을 보여주고 있다. 또한 단기적인 관찰이기는 하나 1년 혹은 1년 6개월까지 보청기에 의한 어음판별력은 초기나 1년 이후나 큰 차이를 보이지 않으나 와우이식을 받은 환자들인 경우 시간이 경과함에 따라 점차 증가하고 있음을 보여주고 있다(Fig. 7). 그러므로 환자 선정에 있어서 구화에 익숙한 환자가 수화 등 다른 의사소통 방식을 택한 환자들에 우선하는 것이 예후에 좋으며, 수술에 대한 설명에서 수술에 대한 위험성과 이득에 대한 설명에 이를 포함시켜야 한다.

인공와우이식술의 장기 추적 결과를 MEDLINE에 발표된 논문을 meta 분석을 통하여 조사한 결과 1996년부터 최근까지 인공와우이식에 관한 논문은 1916편으로 이중 임상결과에 관한 논문은 577편(30.1%)이었고 421편(22.0%)은 어린이에 관한 논문이였으며 44편의

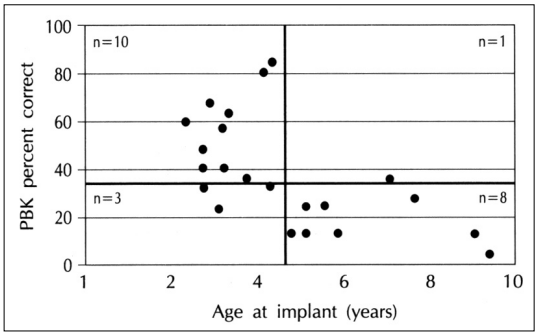

Fig. 5. Speech perception scores on the phonetically balanced kindergarten (PBK) word list plotted against age at implants and divided into quadrants based on average scores for the group of 22 children. n=number of patients (Moog JS, 1999).

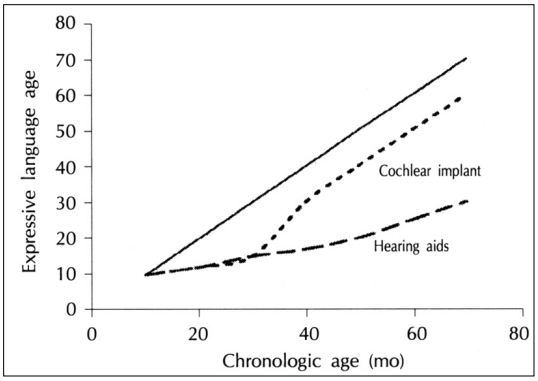

Fig. 6. Expressive language development for normal hearing children (solid line), profoundly deaf children using hearing aids (dashed line), and profoundly deaf children following cochlear implantation (dotted line) (Miyamoto RT, 1999).

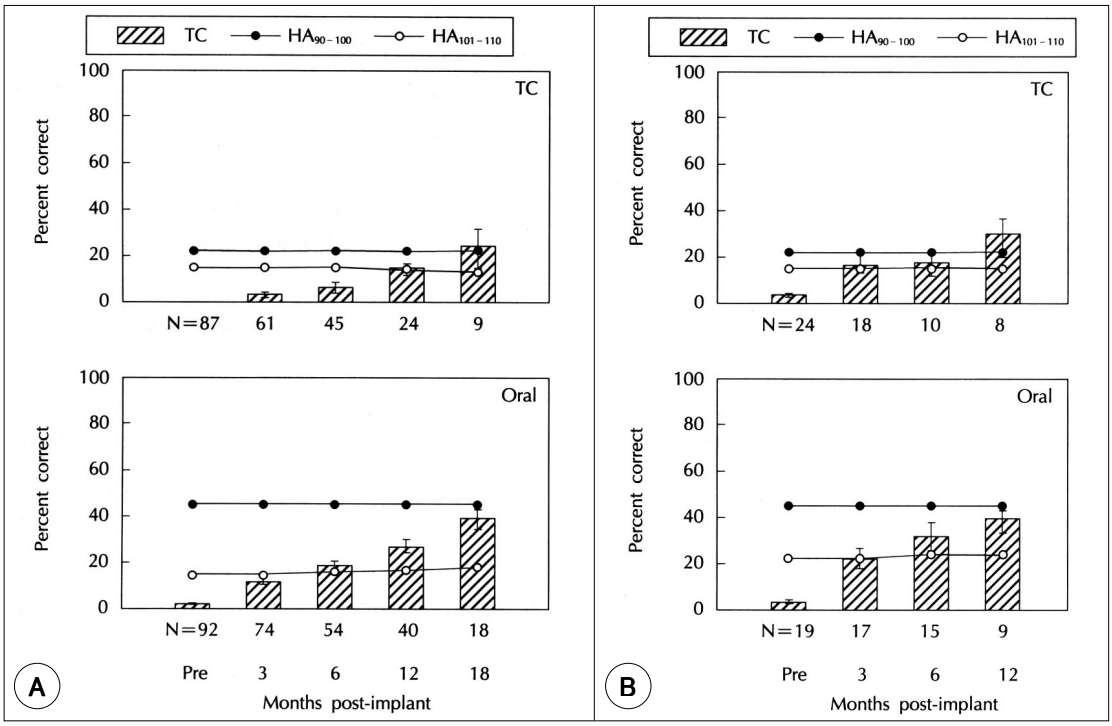

Fig. 7. Percentage of phonemes correctly identified as function of months postimplantation for cochlear impant users. A : implanted prior to age of 6. B : implanted between 6 and 12 years of age. TC : total communication. HA90 - 100 is group with unaided pure tone average in better ear of 90 to 100 dB HL, HA101 - 110 is group with average of 101 to 110 dB HL. Error bars indicate standard error of mean (Svirsky, 1999).

논문은 1년 이상 추적 조사한 결과를 보고하였다. 각 보고들은 검사방법들이 달라 이를 통합하기 위하여 speech perception category를 정하고 이를 6단계로 나누어 1은 어음 detection으로부터, 3 4는 보기를 주고 단어를 검사하는 정도, 5 6은 open set recognition까지로 분류하였다(Fig. 8). 먼저 수술시 연령을 4세 미만, 4 6세, 6세 이상의 3그룹으로 분류하여 연령별로 본 인공와우이식의 결과를 분석하였다(Fig. 9). 3년간 추적 조사한 결과 4세 이하의 수술 군이 6세 이상보다 어음 판별력이 좋았으며 특히 3년 이후의 언어발달이 다른 그룹에 비하여 발달하였다. 말 배우기 전의 선청성 난청과 말 배운 후의 후천성 난청으로 구분하여 인공와우이식술 후 언어습득능력의 평가에서 후천성 난청환자는 선천성 난청환자들보다 수술후 1년부터 3년까지 모두 어음판별력이 우수하였다(Fig. 10). 와우이식을 한 경우 수술환자의 반 수 이상에서 수술 후 2년 이내에 보기가 없는 상태에서 언어이해 능력이 있으며 시간

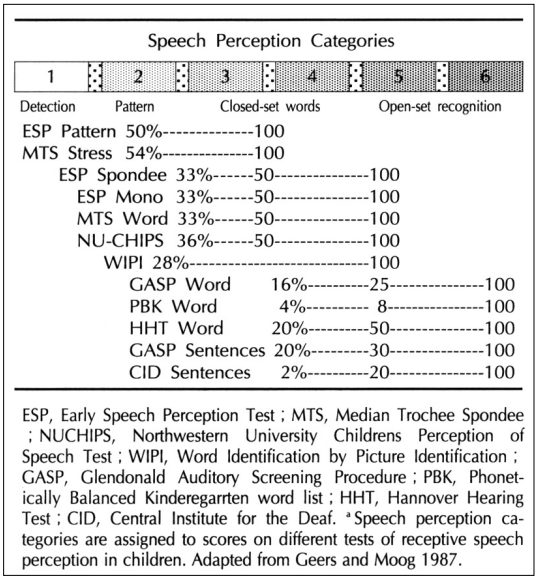

Fig. 8. Speech perception categories are assigned to scores on different tests (Geers AE, 1987).

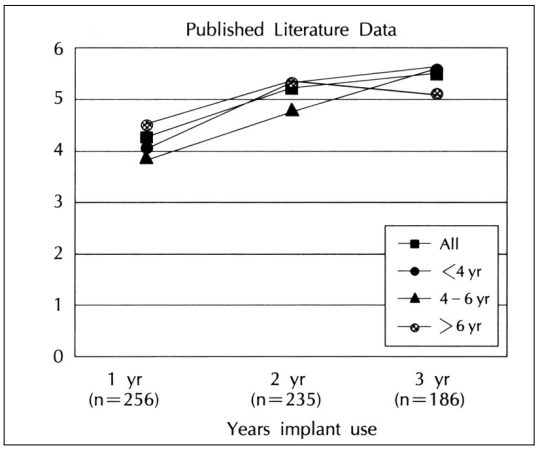

Fig. 9. Changes in performance category should be considered in the context of different populations sampled at each time point. Mean speech perception category attained as a function of age at implantation. Changes in performance category should be considered in the context of different populations sampled at each time point (Cheng AK, 2000).

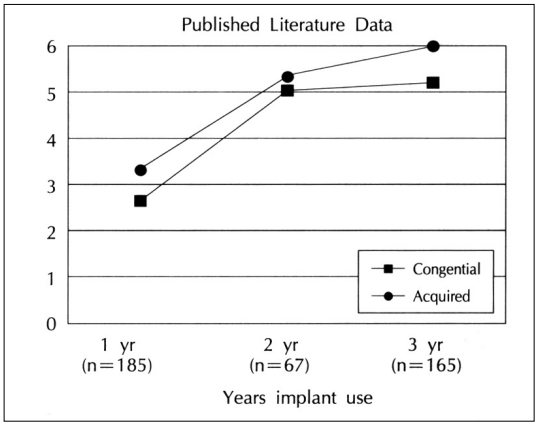

Fig. 10. Mean speech perception category attaied at the indicated year after implantation for congenital (solid) and acquired (dashed line). Changes in performance category should be considered in the context of different populations sampled at each time point (Cheng AK, 2000).

이 경과함에 점차 증가함을 알 수 있다.

중이염과 인공와우이식

소아에서 인공와우이식이 증가함에 따라 중이염과 인공와우이식의 관계 규명이 필요하다. 소아인 경우 성인에 비하여 중이염의 빈도가 증가하고 이에 따라 와우관에 삽입된 전극선에 의하여 내이염 혹은 뇌막염의 발생을 생각할 수 있다. 그러나 1987년 Franz 등에 의한 고양이에서 양측 와우관에 전극선을 삽입한 후 Group A Streptococci를 bulla에 inoculation을 하였다. 결과 와우내 염증은 발견할 수 없었고 와우관 주변의 보호막 같은 조직이 형성되었다.[6)]

1997년 Luntz 등은 18세 미만의 60명의 인공와우이식 환자들을 분석한 결과 74%에서 수술전 급성중이염이 1회 이상 있었으나 인공와우이식 수술 후 급성중이염은 16%에서 발생하여 인공와우이식 수술 후 급성중이염의 빈도가 감소하였다. 급성중이염이 감소하는 이유로는 연령이 증가함에 따라 급성중이염이 감소하고 수술전후 항생제의 사용, 수술시 유양돌기삭개술을 하는 것이 중이염의 발생 빈도를 감소하게 하는 원인으로 추정하고 있다.[7)] 인공와우이식 수술 후 내이염 혹은 뇌막염 등은 보고되지 않고 있다. 환기관을 갖고 있는 경우 수술 전 이를 제거하는 것이 좋으나 재발성중이염이 있는 경우 환기관을 삽입하는 것이 좋다.

와우이식술의 합병증

와우이식에는 위험과 이익이 따르며 위험은 잔존청력의 손실과 와우이식에 따르는 합병증으로 대별할 수 있다. 와우이식에 의한 잔존 청력의 손실은 최적의 보청기로 일상생활에 도움을 받을 수 없는 경우로 와우이식술을 제한함으로 잔존청력에 대한 의미를 상실한 경우에만 해당되어 이에 대한 위험을 없다고 할 수 있겠다. 와우이식의 합병증은 major 합병증과 minor 합병증으로 분류할 수 있고 major 합병증이란 입원 혹은 수술이 필요한 경우이고 minor 합병증이란 내과적으로 치료할 수 있는 합병증이다. 미국의 여러 병원에서 수술한 2751예의 와우이식 합병증은 초기 통계에서 major 합병증이 8%, minor 합병증이 4.3%이었으며 1991년 다시 조사한 합병증은 major 5%, minor 7%로 major 합병증의 감소를 나타내었다.[8)] 대부분의 합병증은 절개와 flap과 관련된 합병증으로 가장 흔한 major 합병증은 flap의 괴사에 의한 이식체의 탈출이다. 1991년 Webb 등의 보고에 의하면 253예 중 2예에서 이식체의 탈출이 있었다

고 보고하였다.[9] 그러나 수술의 경험이 증가하면서 인공와우이식 절개의 방향 및 크기의 변화로 flap의 괴사는 감소하고 있다. 안면신경마비도 major 합병증의 하나로 술자의 경험에 따라 발생빈도는 다르며, 가장 흔한 원인은 드릴 burr의 shaft에 의한 손상이 가장 흔하다. 합병증 중 생명을 위협하는 합병증은 아주 드물며 2예의 수술 후 뇌막염이 문헌에 보고되고 있다.[10]

결 어

고도 난청환자들에 대한 청각재활의 목표는 조기 진단과 조기 증폭음의 제공이며 증폭음은 어음을 구별할 수 있는 충분한 증폭음이 되어야 한다. 고도난청 환자의 어음청취 및 언어발달을 위하여 보청기의 선택은 고출력의 보청기가 선택되어야 하며 신호/잡음 비율이 높은 FM 보청기로부터 주파수전위 보청기 등 환자의 잔존 청력 등을 고려하여 특수한 보청기의 선택을 고려하여야 한다. 또한 고도 난청 환자인 경우 보청기와 더불어 청능훈련 및 언어치료를 병행하여야 한다. 보청기의 효과는 환자의 잔존 청력상태, 연령, 청능훈련을 통한 교육의 정도 등 여러 가지 요소에 의하여 결정될 수 있으며 보청기를 통한 언어청취 및 언어구사의 문제가 있는 경우 최소한의 보청기의 적용 기간을 거쳐 보청기의 한계를 확인한 후 와우이식을 접근하여야 한다. 특히 유소아 경우 청각계 및 언어중추의 발달이 조기 청각자극을 통하여 이들의 발달이 이루어질 수 있기 때문에 보청기의 적합성을 조기에 파악하여야 한다. 인공와우이식은 보청기에 의한 언어청취 및 언어습득에 한계를 파악한 후 가능한 조기에 시술되어야 하며 최근 신호 및 어음처리방식의 급속한 발전으로 와우이식술의 호전된 결과가 발표되면서 와우이식술의 적용의 범위가 확대되고 있다. 최근의 발달되는 인공와우이식의 술식은 점차 보청기로서 청각재활을 시도하던 환자의 일부가 환자의 직업, 환경, 사회활동 등을 고려하여 인공와우이식을 시도하고 있다.

REFERENCES

1) Boothroyd A, Springer N, Smith L, Schulman J. *Amplitude compression and profound hearing loss. J Speech Har Res 1988;31:362-76.*
2) Pickles J. *An introduction to the physiology of hearing. London, Academic Press, 1988.*
3) Miyamoto RT, Kirk KI, Todd SL, *et al. Speech perception skills of children with multichannel cochlear implants or hearing aids. Ann Otol Rhinol Layrnogol 1995;(suppl 166):334-7.*
4) Lenarz T. *Cochlear implantation: selection criteria and shifting borders. Acta Otorhinology Belg 1998;52:183-99.*
5) Cheng AK, Niparko JK. *Analyzing the effects of early implantation and results with different causes of deafness. In: Cochlear Implants. Principles and Practice ed Niparko JK, Kirk JK, Mellon NK, Robbins AM, Tucci DL editors. Lippincott Williams and Wilkins;2000.*
6) Franz BK, Clark GM, Bloom DM. *Effect of experimentally induced otitis media on cochlear implants. Ann Otol Rhinol Layrngol 1987;96:174-7.*
7) Luntz M, Balkany T, Hodgers AV, Telishi FF. *Cochlear implants in children with congenital inner ear malformations. Arch Otolaryngol Neck Surg 1997;123:974-7.*
8) Cohen NL, Hoffman RA. *Complication of cochlear implant surgery in adults and children. Ann Otol Rhinolo Layrngol 1991;100:708-11.*
9) Webb RL, Lehnhardt E, Clark GM, Laszig R, Pyman BC, Franz BK. *Surgical complications with the cochlear multichannel intracochlear implant: experience at Hannover and Melbourne. Ann Oto Rhinol Laryngol 1991;100:131-6.*
10) Daspit CP. *Meningitis as a results of cochlear implantation: case report. Otolaryngol Head Neck Surg 1991;105:115.*
11) Boorhroyd A, Eran O, Hanin L. *Speech perception and production in children with hearing impairment. In: Amplification for children with auditory deficit. Bess et al. editors. Nashville Tennesse; Bill Wilkerson Center Press; 1996.*
12) Macrae JH. *Deterioration of the residual hearing of children with sensorineural deafness. Acta Otolaryngol 1968;66:33-9.*
13) Miyamoto RT, Svirsky MA, Robbins AM, *et al. Language acquisition in preligually deaf children with cochlear implants. Am J Otol in press.*
14) Moog JS, Geers AE. *Speech and Language acquisition in young children after cochlear implantation. Otol Clin North Am 1999;32:1127-41.*
15) Nadol J. *Histopathological considerations in implant patients. Arch Otolaryngol 1984;110:160-3.*
16) Osberger MJ, Robbins AM, Todd SL, Reley A, Kirk KI, Carney AE. *Cochlear implants and tactile aids for children with profound hearing impairment. In: Amplification for children with auditory deficit. Bess et al. editors. Nashville Tennesse; Bill Wilkerson Center Press;1996.*
17) Ross M, Frues H Jr. *Protecting residual hearing in hearing aid users. Arch Otolaryngol 1965;83:165-7.*
18) Svirsky MA, Meyer TA. *Comparison of speech perception in pediatric Clarion cochlear implant and hearing aid us-ers. Ann Otol Rhinol Laryngol 1999;108:104-9.*
19) Wiet R, Pyle G, O'connor C, Russell E, Schramm D. *Computed tomography: how accurate a predictor for cochlear implantation? Laryngoscope 1990;100:687-92.*