

인공 와우 이식의 적용

서울대학교 의과대학 이비인후과학교실

오 승 하

Indications of Cochlear Implantation

Seung-Ha Oh, MD, PhD

Departments of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, Seoul National University College of Medicine, Seoul National University Hospital, Seoul, Korea

서 론

미국 식품의약청은 1985년 성인 환자에게 다채널 인공 와우를 최초로 승인하였고, 1990년에는 2~17세 소아 환자에게도 다채널 인공 와우를 승인하였다. 당시 성인에 대한 승인 기준은 언어습득 이후 청력이 나빠진 양측 심도 감각신경성 난청이었으며, 소아에 대한 승인 기준은 양측 심도 감각신경성 난청이면서 open-set speech recognition이 없는 경우에 한정되어 있었다. 이후 인공 와우 착용 환자의 언어 능력 발달이 다른 재활 방법을 거친 환자들의 언어 능력 발달보다 우수하다는 점, 인공 와우 이식 후 언어 인지 능력이 이식 전 언어 인지 능력과 상관관계를 보인다는 점이 알려지면서, 적응증이 너무 협소하다는 점이 지적되어 왔다.¹⁾ 현재 인공 와우 이식의 적응증은 과거보다 약간 넓어졌으며, 인공 와우 이식 건수도 크게 늘어서 전세계적으로 지금까지 수십만 명의 환자가 인공 와우 이식을 시행 받아 왔다. 하지만 아직 인공 와우 이식의 적용 기준은 최초 승인 시의 체계를 거의 그대로 따르고 있으며, 근본적인 변화없이 일부 진단 기준이 완화된 상태로 유지되고 있다.

인공 와우 이식의 적용 기준이 제한적인 이유는 기기 및 수술의 비용, 청능 향상가능성, 수술의 침습성 등의 문제가 남아 있기 때문이다. 먼저 비용 측면에서는 인공 와우의 가격이 수천만원에 달하고, 수술과 수술 후 재활 과정에서 비용이 많이 든다는 것이 문제이다. 많은 국가에서는 보험의 틀에서 이 비용을 충당하고 있는데, 이런 경우 인공 와우 적용 기준은 국가 보험 재정의 제약 하에 놓이게 된다. 다음으로 청능 향상 가능성의 측면에서는 인공 와우 이식 후 환자의 청취 능력이 충분히 향상될 지가 관건이다. 일측성 농이나 일측성 난청의 경우 반대편 귀의 청력은 양호하므로 인공 와우 이식이 추가적인 청능 향상을 일으킬 수 있을지 문제가 된다. 또한 와우 기형이 있거나 인지 능력의 저하가 있는 경우, 충분한 청각 신호에도 청능 향상은 실망스러울 수 있다. 침습성의 측면에서는 인공 와우 이식이 청력을 더욱 떨어뜨리거나 추가적인 부작용을 일으킬 수 있는 것이 문제가 된다. 인공 와우 이식 과정에서 잔청이 저하되거나 이명의 악화되는 경우가 종종 나타나며, 드물게는 안면신경 마비가 일어날 수 있는 가능성이 있어서 인공 와우 이식은 보청기 등 다른 재활 수단과 항상 우선 비교한 후 신중히 선택되어야 한다.

하지만 근래에 들어서 인공 와우 이식은 이미 이과 영역에서 고전적인 수술로 인식될 만큼 성숙기에 접어들었고 가격도 조금씩 낮아지고 있다. 그리고 기존에 인공 와우 이식의 적응증으로 인식되지 않던 증례들에 대해

교신저자 : 오승하, 03080 서울 중로구 대학로 101
 서울대학교 의과대학 이비인후과학교실
 전화 : (02) 2072-2442 · 전송 : (02) 745-2387
 E-mail : shaoh@snu.ac.kr

인공 와우가 많은 도움이 될 수 있다는 연구 결과들이 나오면서 인공 와우 이식의 적응증은 넓어지고 있는 추세이다. 본고에서는 먼저 우리와 해외의 일반적인 인공 와우 적응증을 살펴본 뒤, 인공 와우 이식의 쟁점이 되는 주제들에 대해 정리해 보고자 한다.

본 론

일반적인 적응 기준

국내의 경우 인공 와우 이식은 국민 건강 보험 제도의 틀에 편입되어 있으며, 보험 적용 기준이 ‘국민건강보험 요양급여의 기준에 관한 규칙(보건복지부령 제515호)’ 제5조제2항에 의한 ‘요양급여의 적용기준 및 방법에 관한 세부사항’ 의해 규정되어 있다. 구체적으로 2세 미만 환자인 경우에는 양측 심도(90 dB) 이상의 난청환자로서 최소한 3개월 이상 보청기 착용에도 청능 발달의 진전이 없을 때 보험이 적용되고, 2세 이상 19세 미만 환자인 경우에는 양측 고도(70 dB) 이상의 난청환자로서 최소한 3개월 이상 보청기 착용 및 집중교육에도 어음 변별력과 언어 능력의 진전이 없을 경우 보험이 적용된다. 성인인 19세 이상의 환자인 경우에는 양측 고도(70 dB) 이상의 난청 환자로서 보청기를 착용한 상태에서 문장 언어 평가가 50% 이하의 경우 보험이 적용되는 것으로 규정되어 있다. 그리고 2세 미만 환자의 경우 뇌막염의 합병증이 있으면 앞서 기준에 들지 않더라도 예외적으로 보험 적용이 가능하도록 하였고, 2세 이상 환자의 경우에는 의사소통 수단으로 인공 와우를 사용하지 못할 것으로 예상되면 보험을 적용 받지 못하도록 하였다. 얼마 전 까지만 해도 나이가 많은 소아의 범위를 17세 이하로만 인정하였으나, 2017년 2월 1일부터 연령이 19세로 조정되어 수혜자의 범위가 확대되었다.

미국에서는 식품의약청에서 인공 와우 이식의 가이드 라인을 인공 와우 제조사별로 규정하고 있으며 그 내용은 회사별로 약간씩 차이를 보인다. 먼저 2세 미만의 환자에 대해서는 양측 심도 난청 환자이면서 적절한 보청기 착용으로 청능 향상이 없는 경우로 정하고 있다. 조금 더 나이가 많은 소아청소년(2~17세) 환자에 대해서는 인공 와우 제조 회사에 따라 달리 규정되어 있는데, 양측 고도 내지 심도 난청 또는 양측 심도 난청 환자

서 보청기로 가장 잘 보조된 환경에서 나이에 따라 적절한 문장 지각 능력 검사 결과가 12~30% 미만이어야 할 것을 정하고 있다.¹⁾

최근 우리나라에서는 심평원과 이과 전문위원들 사이에 인공 와우 적응증을 다소 확장하려는 노력이 진행되고 있다. 따라서 조만간 좀더 확장된 적응증으로 인공 와우 환자를 진료할 수 있을 것으로 기대된다. 하지만 확장된 적응증만큼 의사의 적절한 의학적 판단과 책임감이 중요하다는 점을 강조하고 싶다. 적응증의 기준에만 매달리기 보다는 환자의 전반적인 상황, 환경, 그리고 향후 재활을 통한 기대치 등을 고려하여 선택하는 것이 필요하다.

동반 장애가 있을 때의 적응 기준

인공 와우 시행 초기에는 동반 장애가 있는 경우 적응 기준에서 제외되기도 하였다. 하지만 청각장애 환자 중 동반 장애가 있는 경우가 흔하며, 일부 장애는 인공 와우 이식 이후에 발견이 되는 경우도 있어서 동반 장애가 있는 경우에도 인공 와우 이식을 시행하는 경우가 상당수 있었다. 근래에 들어서는 동반 장애가 있는 경우에도 인공 와우를 시행할 경우에 대해 긍정적인 결과를 기대할 수 있다는 연구 성과들이 나오면서 동반 장애가 있는 경우에 대하여 인공 와우 적응 기준이 크게 넓어졌다.²⁾ 여기서는 내이 기형과 인지 장애, 유전 질환의 대해서 각각 살펴본다.

Inner ear anomalies

내이 기형은 방사선학적인 소견에 따라 와우 기형, 미로 또는 반고리관 기형, 내이도 이상, 전정수도관확장(enlarged vestibular aqueduct)으로 나뉜다. 또한 와우 기형은 내이 발생의 어느 단계에서 이상이 생기는가에 따라 유형이 달라지는데 미셸 무형성(Michel’s aplasia), 공동강기형(common cavity deformity), 와우형성저하증(cochlear hypoplasia), 제I-III형 불완전 분할(incomplete partition type I-III), 기저부이형성(basal turn dysplasia)이 있다. 이 중에서 현재 미셸 무형성을 제외한 다른 기형은 인공 와우의 금기에 해당하지 않는다.

하지만 인공 와우의 성적은 이러한 내이 기형의 형태에 따라 상당히 다르게 나타날 수 있다. 대체로 전정수도

관확장, 전정확장증(dilated vestibule), 부분반고리관무형성(partial semicircular canal aplasia)의 경우 결과가 좋은 편이고, 공동강기형의 경우 결과가 나쁜 편이다.³⁾ 하지만 수술 후 실제 언어능력은 수술 전 영상의학적 소견과 차이를 보이는 경우가 많으므로 예후가 좋지 않을 것으로 보이는 경우에도 충분히 기대치에 대한 검증을 한 후 인공 와우를 시행하는 것이 바람직할 것으로 보인다.

최근에는 기존방식의 내이기형 분류와는 다르게 측두골 단층촬영에서 와우 형태와 modiolus의 존재에 따른 유형을 나누어 인공 와우에서 가장 중요한 청신경의 상태를 평가함으로써 인공 와우 이식의 결과를 예측할 수 있었다고 보고된 바 있다.⁴⁾

Developmental delays

인공 와우 이식을 받는 소아 환자 중 30~40%에서는 발달 지연이 나타난다.⁵⁾ 지금까지의 연구 결과에 따르면, 발달 지연은 인공 와우 이식 받은 환자의 청력과 의사소통에 대한 강력한 예측 변수가 된다.²⁾ Edwards 등은 발달 지연이 심할수록 인공 와우 시행 후 언어 인식 능력은 더욱 떨어진다고 보고하였다.⁶⁾ Steven 등은 뇌성마비 소아환자에 대한 연구를 통해서 인지 능력 저하가 심한 집단에서 언어 인식 능력이 떨어지는 결과를 제시하였다.⁷⁾

하지만 대부분의 연구들은 발달 지연 환자들이 인공 와우를 통해 언어 인지나 구화를 통한 의사 소통에서 정상 발달 환자만큼의 향상을 보이지는 못하더라도 넓은 의미에서 의사 소통이나 삶의 질에서는 상당한 진전을 보일 수 있다는 입장을 취한다.^{8,9)} Donaldson 등은 인공 와우 이식 후에 자폐 환자들도 상호 작용 행동이 증가했다는 연구 결과를 발표한 바 있다.¹⁰⁾ 다만 이에 대해서는 아직 장기 연구가 부족한 실정이어서 지속적인 연구가 필요하다.²⁾

Genetic diseases

유전 요인은 소아의 감각신경성 난청에서 중요한 역할을 담당한다. 현재까지 알려진 바로는 소아의 고도 또는 심도 감각신경성 난청의 요인에서 유전 요인이 담당하는 비중은 50%를 상회한다고 알려져 있다.¹¹⁾ 따라

서 인공 와우 시행 전에 환자의 유전 요인을 확인하고 예후를 예측하는 것은 인공 와우 이식의 적응 여부를 판단하는데 중요한 과정이 된다. Eppsteiner 등은 이에 대해 유전적 돌연변이가 나선 신경절(spiral ganglion) 표현 유전자와 관련이 있으면 예후가 나쁘고, 막성 미로(membranous labyrinth)와 관련이 있으면 예후가 좋을 것이라고 예측하였다.¹²⁾ 많은 후속 연구들이 이와 유사한 결과를 보이고 있으나, 일부 연구에서는 나선 신경절 표현 유전자 관련 환자에서 인공 와우의 예후가 우수한 증례도 있음을 보고하고 있다.

유전성 난청의 분자유전학적 원인은 실로 다양하며 유전방식 역시 복잡다단한 형태를 보인다. 유전성 난청은 크게 증후군성 난청과 비증후군성 난청으로 나눌 수 있는데, 증후군성 난청에는 BOR 증후군, Jervell & Lange-Nielsen 증후군, CHARGE 증후군, Pendred 증후군, Alport 증후군 등이 있고, 비증후군성 난청에는 *GJB2*, *TECT4*, *SLC26A4*, *OTOF*, *TMPRSS3*, *POU3F4* 유전자에 의한 난청이 있다. 현재 국내에서 청력 질환을 일으키는 유전 질환 중 가장 흔한 돌연변이는 *GJB2* 유전자이고 *SLC26A4* 유전자가 그 뒤를 잇는다.¹³⁾ 지금까지 알려진 바로는 *GJB2*, *SLC26A4*, *OTOF* 유전자와 같이 와우 내 원인에 의한 난청을 일으키는 유전자의 경우 인공 와우 이식의 예후가 좋은 것으로 알려져 있다. 반면 *DFNB59*(Peroxisome 관계 유전자 : Pejvakin 단백질 coding)와 *PCDH15* 유전자의 경우 비교적 예후가 나쁜 것으로 알려져 있다. 하지만 다른 유전적 돌연변이에 대한 정보는 아직 부족한 실정이다.¹⁴⁾

특수한 눈점에서의 적응 기준

앞서 살펴보았듯이 우리 나라의 인공 와우 이식 적응 기준은 국민 건강 보험 제도의 틀 하에서 제도적인 기준의 적용을 받고 있다. 하지만 제도적인 기준과는 별개로 구체적인 눈점에 따라 각각 인공 와우 이식의 적응 기준에 대한 논의가 진행되고 있다.

Electric Acoustic Stimulation(EAS)

고주파수 영역에서 청력이 가파르게 청력이 떨어지는 환자에게 대한 관심이 기울어지기 시작한 것은 비교적 최근의 일이다. 저주파수의 청력이 어느 정도 남아

있으면서 고주파수의 청력이 급격한 저하를 보이는 것은 주로 가족성 난청, 노인성 난청, 이독성 난청 또는 소음성 난청에서 기인한다. 이 환자들은 고주파수 영역에 주로 위치하는 자음을 잘 듣지 못하기 때문에 언어 이해력이 크게 떨어지게 된다. 하지만 보청기로는 고주파수 영역의 신호를 충분히 전달하지 못하고, 인공 와우는 저주파수 잔청이 있기 때문에 보청의 적용 기준이 되지 않는 경우가 많다. 설령 인공 와우 이식을 시행하더라도, 일부 환자에서 저주파수의 잔청이 떨어지는 것이 문제였다.¹⁵⁾

이를 보완하기 위해, 미국 Iowa 대학교에서는 1996년에 이런 환자들을 대상으로 Hybrid S 또는 “단전극(short electrode)” 인공 와우라고 불리는 새로운 형태의 인공 와우를 시작하였고 1999년에 이르러 미 식품의약청에서 Hybrid 인공 와우에 대한 타당성 임상 시험(feasibility clinical trial)이 시작되었다. 이것이 난청 측 귀에 청각 신호와 전기 신호를 동시에 주는 “acoustic plus electric” 개념의 출발점이 되는데, 유럽에서는 그 개념을 조금 변용시켜 전극을 끝까지 넣으면서 잔청을 최대한 보존시키는 형태로 발전하기도 하였다.¹⁵⁾

전기 자극 및 음향 청취(electrical stimulation and acoustic hearing)의 대상이 되는 청력 범위는 사람마다 조금씩 다르게 정의되고 있다. Woodson 등의 연구에서는 언어습득 후 놓이 된 성인 중 500 Hz 미만의 주파수에서 60 dB 미만의 청력 역치를 보이면서, 2,000 Hz 이상의 주파수에서 80 dB 초과 청력 역치를 보이는 경우로 정의하였다. 또한 이를 phase I과 phase II로 나누어 phase I에서는 나쁜 쪽 귀에서 Consonant-Nucleus-Consonant(CNC) monosyllabic word recognition score (WRS)가 10~50%이고 좋은 쪽 귀에서 60% 미만인 경우로 한정하고 있으며, phase II에서는 나쁜 쪽 귀에서 10~60%, 좋은 쪽 귀에서 80% 미만인 경우로 다소 넓혀 놓았다.¹⁵⁾ Roland 등의 연구에서는 2,000, 3,000, 4,000 Hz에서 평균 청력 역치 75 dB 이상이고 500 Hz에서 청력 역치 60 dB 이하가 되는 경우이며, aided CNC 점수가 이식 받을 귀에서 10~60%, 반대쪽 귀에서 80%까지 인 경우로 보았다.¹⁶⁾

Gantz 등은 Hybrid 인공 와우 후 7년 이상 장기간 추적관찰 결과 80% 이상의 환자에서 125, 250, 500 Hz의

평균 역치가 보존되었다고 하였으며 71~90 dB 정도의 잔청만 있더라도 보청기 자극이 가능한 functional hearing이라면 술 후 어음청취에 큰 도움을 줄 수 있으므로 반드시 보존해야 한다고 하였다.¹⁷⁾

Bimodal cochlear implant

양측 고도 내지 심도 난청을 가진 환자에서 가장 표준적인 청각 재활 방법으로 고려되는 것은 양측 인공 와우 이식이다. 비록 인공 와우가 충분한 소리 스펙트럼 분해능을 갖추지 못하고 있고 환자에게 temporal fine structure를 제공해 줄 수 없다는 단점을 가지고 있지만, 인공 와우 이식만큼 높은 확률로 고수준의 언어 이해 능력을 제공해 줄 수 있는 청각 재활 방법은 아직 존재하지 않기 때문이다. 하지만 일각에서는 더 심도 난청이 있는 쪽에 인공 와우를 하고 이보다 잔청이 있는 귀에는 보청기를 시행하는 이중 청취(bimodal hearing)를 하는 경우, 높은 수준의 소리 스펙트럼 분해능력을 보존할 수 있고, 환자에게 중저주파수 대역 temporal fine structure를 제공할 수 있으므로 더욱 유리하다는 입장도 존재한다.¹⁸⁾

이중 청취와 양측 인공 와우의 적응에 대해 통일된 기준은 아직 존재하지 않는다. 다만 현재까지의 연구 결과를 살펴보면, 잔청이 상당수준으로 남아 있는 경우에도 양측 인공 와우 이식이 더욱 우수하다는 증거가 축적되고 있다. Potts과 Litovsky는 환자 4명을 대상으로 진행한 연구에서 이중 청취가 일측 인공 와우에 비해 언어이해와 방향분별에서 별다른 이득이 없다고 하면서, 모든 환자들이 이중 청취보다 양측 인공 와우에서 방향분별을 더 잘하고 양측 인공 와우를 선호하였다고 보고하였다.¹⁹⁾ Luntz 등에 의하면 언어와 소음이 한 방향에서 들릴 때에는 bimodal 인공 와우와 양측 인공 와우의 청취가 큰 차이를 보이지 않았지만, 언어와 소음이 분리될 때는 양측 인공 와우가 이중 청취에 비해 언어이해와 방향 분별에서 통계적으로 유의하게 우수하다고 보고하였다.²⁰⁾ Gifford 등은 양측 인공 와우 이식을 시행 받은 환자들을 분석하였는데, 복잡한 청취 환경에서는 예전에 이중 청취를 했던 환자와 첫번째 인공 와우의 효과가 좋았던 환자에서도 양측 인공 와우 이식을 시행할 경우 언어능력이 향상되었고 환자들도 이를 선호하

었다고 하였다.¹⁸⁾ 이 연구 결과들을 종합해 보면 전반적으로 양측 인공 와우 이식이 이중 청취에 비해 우수하다는 인상을 받게 된다. 하지만 아직 양측 인공 와우가 이중 청취보다 우수하다고 결론을 내리기에는 증거가 부족하다. 다만 잔청이 상당히 남아 있는 환자의 청력 재활 계획을 수립할 때, 잔청이 많이 남아 있다고 해서 양측 인공 와우를 처음부터 배제할 필요는 없을 것으로 보인다.¹⁸⁾

더구나 양측 인공 와우를 하더라도 잔청이 남아 있는 경우 위에 서술한 EAS를 할 수 있으면 가장 최고의 결과를 기대할 것으로 예상할 수 있다. 하지만 아직 그 기준이나 시술 방법 등의 표준화에 대한 연구가 많이 부족한 실정이다.

Asymmetric hearing loss and single sided deafness

일측성 고도 난청 또는 일측성 농에 대한 표준 치료는 CROS(Contralateral Routing of Signals) 보청기 시스템이다. CROS 시스템은 잘 들리지 않는 귀로 도달하는 소리를 무선 또는 유선 마이크로폰을 통해 잘 들리는 귀로 전달해 주어, 두영 효과(shadow effect)를 해결하여 일측성 고도 난청 및 일측성 농 환자에게 도움을 준다. 하지만 CROS 시스템은 어디까지나 재활의 수단일 뿐, 잘 들리지 않은 귀의 청력의 근본적으로 회복시켜 주는 것은 아니므로, 소음환경 하 청력, 방향분별의 측면에서 양이청(binaural hearing)과 같은 효과를 내지 못한다.²¹⁾ 따라서 일측성 고도 난청 및 일측성 농에 대한 인공 와우가 환자들의 청능과 삶에 질에 얼마나 도움을 줄 것인지에 대한 연구가 행해지고 있다.

Vermeire와 Van de Heyning는 반대측이 정상 청력인 일측성 농 환자 11명과 반대측에 보청기를 착용한 일측성 농 환자 9명에 대해 환측 인공 와우를 실시하고 그 결과를 보고 하였는데, 흡산효과는 두 그룹 다 두드러지지 않았고 스킨치 효과(squelch effect)는 보청기를 착용한 그룹에서만 통계적으로 유의한 수준의 향상을 보였다. 그리고 잡음이 앞에 존재하고 인공 와우 측에서 어음이 주어지는 상황에서는 두 그룹 모두 인공 와우가 있을 때 유의한 수준의 청능 향상이 있었다. 환자 20명의 설문지를 분석한 결과 환자들은 인공 와우 착용 시 삶의 질

에 있어서도 향상이 있었다고 응답하였다.²²⁾

Vlastrarakos 등은 인공 와우 수술을 받은 일측성 농 환자에 대해 메타 분석을 시행하고 근거의 범주(category of evidence)에 따른 권고 강도(strength of recommendation)를 평가하였다. 먼저 방향 분별에서는 통계 처리가 안된 논문을 제외한 모든 논문에서 일관성 있게 인공 와우가 방향 분별에 도움이 된다고 하여 권고 강도 B로 평가되었다. 소음 속 어음 지각(speech perception)의 경우 반대쪽 소음과 함께 인공 와우 시행한 쪽 전방 90도 이내 범위에서 나는 소리에 대해 권고 강도 B로 분석되었으며, 나머지 부분에 대한 연구는 논문에 따라 편차가 커서 일관된 평가가 어려웠다. 자기 만족에 대한 설문에서는 모든 논문에서 삶의 질이 향상되었다고 결론 내려져서 역시 권고 강도 B로 평가되었다.²³⁾

Louza 등은 10명의 성인 일측성 농 환자에게 인공 와우를 시술하고 1년 후 SSQ(Speech, Spatial and Qualities of Hearing), NCIQ(Nijmegen Cochlear Implant Questionnaire), GHABP(Glasgow Hearing Aid Benefit Profile) 등의 설문조사를 시행하였는데 SSQ에서는 “speech intelligibility”와 “spatial hearing”에서, NCIQ에서는 “basic sound perception”에서, GHABP에서는 “hearing and benefit”과 “residual disability”에서 유의미한 차이를 보였다. 하지만 EQ-5D-3L 설문을 통한 전체적인 삶의 질 평가에서는 유의미한 차이가 없었다.²⁴⁾ 현재까지의 연구 결과들을 종합하면 일측성 고도 난청 또는 일측성 농 환자에게 대한 인공 와우 이식이 부분적으로 바람직한 결과를 나타내는 연구 결과가 축적되고 있는 것으로 보인다. 하지만 아직 일측성 고도 난청 및 농 환자에 대해 전면적 인공 와우 이식을 주장하기에는 증거가 충분하지 않다.

이 경우 가장 중요한 것은 일측성 농이 발생한 시기에 관한 것이다. 즉 언어습득 후 일측성 농에서 인공 와우는 비교적 긍정적인 결과를 보이지만 선천성 혹은 언어 습득 전의 일측성 농의 경우 그 효과에 대한 결론이 아직 다소 부정적이라 할 수 있다. 이 점은 앞으로 더욱 많은 연구 결과를 기다려 봐야 할 것으로 생각된다.

Tinnitus

이명의 원인에 대해서는 아직 구체적으로 규명이 되어

있지 않고 많은 학설들이 존재하고 있는 상황이다. 그 중 이명이 말초 청력 감소에 의한 중추 청각계의 반응이라는 학설이 가장 유력하다. 말초 청력이 감소하면 뇌간으로 들어가는 구심성 신호가 줄어들게 되고, 이는 자발적 신경 활동에 변화를 일으켜 이명이 일어난다는 것이다.²⁵⁾ 실제로 대부분의 청각 장애 환자가 이명을 가지고 있는 것은 이 설명과 부합한다.

일반적으로 이명 환자에게 인공 와우를 이식하고 이를 작동하면 이명이 억제되는 효과가 있다는 것이 잘 알려져 있다. 앞서 가설을 고려할 때, 인공 와우가 작동하여 뇌간에 구심성 자극을 가하면서 자발적 신경 활동이 회복된 것으로 보인다. 흥미로운 것은 일측 인공 와우를 한 뒤 반대쪽 이명이 사라지거나, 인공 와우 전원이 꺼진 이후에도 한동안 이명 억제가 지속되는 현상도 보고되고 있다는 것이다.²⁶⁾ 이에 대해 Battmer 등은 이런 현상이 생기는 것은 전기 자극(electrical stimulation) 보다는 음향 차폐 효과(acoustic masking effect)에 의한 것이라는 의견을 제시하였다.²⁷⁾ 하지만 이는 인공 와우 전원이 꺼진 후에 이명 억제가 지속되는 현상을 설명하기는 어렵다. Salvi 등은 와우 손상으로 청각 신호가 차단되면서 재배열된 청각계 피질 영역 내의 자발적 활동이 이명과 관련 있을 것이라는 가설을 제시하였다.²⁹⁾

사실 이명을 제거하기 위해 인공 와우 수술을 받는 경우는 드물다. 하지만 수술의 적응증을 따질 때 이명의 감소는 중요한 고려사항 중에 하나가 된다. 따라서 수술을 통해 이명이 얼마나 감소하는 지를 살펴보는 것은 중요하다. 조사된 바에 의하면 그 비율은 연구자들마다 많은 차이가 나서 15~95% 정도로 다양하다. 그런데 일부 환자들의 경우에는 인공 와우 이후에 오히려 이명이 심해지거나(1~10%), 새로 생기는 경우(0~23.5%)도 보고되고 있다. 이에 대해서는 인공 와우 수술 때 전극을 삽입하면서 생긴 외상이 이명을 증폭 또는 생성되는데 기여했으리라고 추측되고 있다. 다만 인공 와우 이식 이후 이명이 심해진 환자들의 경우 이명 핸디캡(tinnitus handicap)은 증가하지 않으며 이명이 새로 생긴 환자의 경우에도 이명 핸디캡이 가벼운 수준으로 조사되었다.²⁵⁾ 따라서 이명을 가지고 있는 인공 와우 환자에게는 인공 와우 이후 이명이 사라질 수 있음을 설명하되, 오히려 이명이 새로 생기거나 더 심해질 수 있다는 것도 알려주고

이 경우에도 삶의 질에 끼치는 영향은 크지 않음을 이야기해 줄 필요가 있다.

결 론

현재 인공 와우 이식의 적응 기준은 대체로 2세 미만의 양측 심도 감각신경성 난청 및 2세 이상의 고도 감각신경성 난청에 대해 적용하는 것으로 있으며, 인공 와우 시행 이후 약간의 변화를 거치며 현재의 모습을 갖추어 왔지만 아직도 필요한 인공 와우 대상이 보편이 되지 못하여 시술 받지 못하는 경우가 있다.

과거에는 동반 장애에 따라 그 범위가 많이 제한되었으나 장애가 있는 경우에도 양호한 예후를 보이는 증례가 축적되면서 적응 기준은 점차 완화되고 있다. 또한 기준에 인공 와우 이식의 적응 대상으로 인식되지 않던 저음역 잔청 환자, 일측성 난청 환자, 이명 환자에 대해서도 인공 와우 이식의 타당성에 대해 많은 논의가 이루어지고 있다. 앞으로 인공 와우 기계 및 수술에 관련된 기술이 발전하고 많은 임상 연구 결과가 축적되면서 인공 와우 이식의 적응 기준은 점차 넓어질 것으로 보이며 우리나라에서도 점차 보험기준을 해외의 경우처럼 확장하는 움직임이 있어 조만간 새로운 적응기준이 나올 것으로 보인다. 하지만 인공 와우를 시술할지 선택하는데 있어서 복잡해지는 기준과 조건만큼 사려 깊고 책임 있는 시술의사의 자세가 필요하다고 생각된다.

중심 단어 : 인공 와우 · 적응증.

REFERENCES

- 1) Carlson ML, Latuska RF, Pelosi S, Wanna GB, Bennett ML, Rivas A, et al. *Evolving considerations in the surgical management of cholesteatoma in the only hearing ear.* *Otol Neurotol* 2014;35: 84-90.
- 2) Wakil N, Fitzpatrick EM, Olds J, Schramm D, Whittingham J. *Long-term outcome after cochlear implantation in children with additional developmental disabilities.* *Int J Audiol* 2014;53:587-94.
- 3) Busi M, Rosignoli M, Castiglione A, Minazzi F, Trevisi P, Aimoni C, et al. *Cochlear Implant Outcomes and Genetic Mutations in Children with Ear and Brain Anomalies.* *Biomed Res Int* 2015;2015:696281.
- 4) Jeong SW, Kim LS. *A new classification of cochleovestibular malformations and implications for predicting speech perception ability after cochlear implantation.* *Audiol*

- Neurotol* 2015;20:90-101.
- 5) Wiley S, Meinzen-Derr J, Choo D. *Auditory skills development among children with developmental delays and cochlear implants. Ann Otol Rhinol Laryngol* 2008;117: 711-8.
 - 6) Edwards LC. *Children with cochlear implants and complex needs: a review of outcome research and psychological practice. J Deaf Stud Deaf Educ* 2007;12:258-68.
 - 7) Steven RA, Green KM, Broomfield SJ, Henderson LA, Ramsden RT, Bruce IA. *Cochlear implantation in children with cerebral palsy. Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2011;75:1427-30.
 - 8) Berrettini S, Forli F, Genovese E, Santarelli R, Arslan E, Chilosi AM, et al. *Cochlear implantation in deaf children with associated disabilities: challenges and outcomes. Int J Audiol* 2008;47:199-208.
 - 9) Edwards L, Hill T, Mahon M. *Quality of life in children and adolescents with cochlear implants and additional needs. Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2012;76:851-7.
 - 10) Donaldson AI, Heavner KS, Zwolan TA. *Measuring progress in children with autism spectrum disorder who have cochlear implants. Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2004; 130:666-71.
 - 11) Park JH, Kim AR, Han JH, Kim SD, Kim SH, Koo JW, et al. *Outcome of Cochlear Implantation in Prelingually Deafened Children According to Molecular Genetic Etiology. Ear Hear* 2017;38:e316-e24.
 - 12) Eppsteiner RW, Shearer AE, Hildebrand MS, Deluca AP, Ji H, Dunn CC, et al. *Prediction of cochlear implant performance by genetic mutation: the spiral ganglion hypothesis. Hear Res* 2012;292:51-8.
 - 13) Oh SH, Choi BY. *Molecular Genetic Diagnosis of Deafness: Current and Future. Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 2014;57:1-6.
 - 14) Nishio SY, Usami SI. *Outcomes of cochlear implantation for the patients with specific genetic etiologies: a systematic literature review. Acta Otolaryngol* 2017;137:730-42.
 - 15) Woodson EA, Reiss LA, Turner CW, Gfeller K, Gantz BJ. *The Hybrid cochlear implant: a review. Adv Otorhinolaryngol* 2010;67:125-34.
 - 16) Roland JT Jr, Gantz BJ, Waltzman SB, Parkinson AJ. *Long-term outcomes of cochlear implantation in patients with high-frequency hearing loss. Laryngoscope* 2018.
 - 17) Gantz BJ, Dunn CC, Oleson J, Hansen MR. *Acoustic plus electric speech processing: Long-term results. Laryngoscope* 2018;128:473-81.
 - 18) Gifford RH, Driscoll CL, Davis TJ, Fiebig P, Micco A, Dorman MF. *A Within-Subject Comparison of Bimodal Hearing, Bilateral Cochlear Implantation, and Bilateral Cochlear Implantation With Bilateral Hearing Preservation: High-Performing Patients. Otol Neurotol* 2015;36: 1331-7.
 - 19) Potts LG, Litovsky RY. *Transitioning from bimodal to bilateral cochlear implant listening: speech recognition and localization in four individuals. Am J Audiol* 2014;23:79-92.
 - 20) Luntz M, Egra-Dagan D, Attias J, Yehudai N, Most T, Shpak T. *From hearing with a cochlear implant and a contralateral hearing aid (CI/HA) to hearing with two cochlear implants (CI/CI): a within-subject design comparison. Otol Neurotol* 2014;35:1682-90.
 - 21) Ramos Macias A, Borkoski-Barreiro SA, Falcon Gonzalez JC, Ramos de Miguel A. *AHL, SSD and bimodal CI results in children. Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis* 2016;133 Suppl 1:S15-20.
 - 22) Vermeire K, Van de Heyning P. *Binaural hearing after cochlear implantation in subjects with unilateral sensorineural deafness and tinnitus. Audiol Neurootol* 2009;14: 163-71.
 - 23) Vlastarakos PV, Nazos K, Tavoulari EF, Nikolopoulos TP. *Cochlear implantation for single-sided deafness: the outcomes. An evidence-based approach. Eur Arch Otorhinolaryngol* 2014;271:2119-26.
 - 24) Louza J, Hempel JM, Krause E, Berghaus A, Muller J, Braun T. *Patient benefit from Cochlear implantation in single-sided deafness: a 1-year follow-up. Eur Arch Otorhinolaryngol* 2017;274:2405-9.
 - 25) Klooststra FJ, Arnold R, Hofman R, Van Dijk P. *Changes in tinnitus after cochlear implantation and its relation with psychological functioning. Audiol Neurootol* 2015;20:81-9.
 - 26) Quaranta N, Fernandez-Vega S, D'Elia C, Filippo R, Quaranta A. *The effect of unilateral multichannel cochlear implant on bilaterally perceived tinnitus. Acta Otolaryngol* 2008;128:159-63.
 - 27) Battmer RD, Heermann R, Laszig R. *[Suppression of tinnitus by electric stimulation in cochlear implant patients]. HNO* 1989;37:148-52.
 - 28) Salvi RJ, Lockwood AH, Burkard R. *Neural plasticity and tinnitus. Tinnitus handbook* 2000;1:123-48.