



# Influence of Cochlear Implantation on Cognitive Function in Elderly Patients

Juyong Chung

Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, Wonkwang University College of Medicine, Iksan, Korea

## 고령 환자에서 인공와우수술이 인지기능에 미치는 영향

정주용

원광대학교 의과대학 이비인후과학교실

Received December 22, 2021

Revised January 9, 2022

Accepted January 14, 2022

Address for correspondence

Juyong Chung, MD, PhD

Department of Otorhinolaryngology-

Head and Neck Surgery,

Wonkwang University

College of Medicine,

895 Muwang-ro,

Iksan 54538, Korea

Tel +82-63-859-1489

E-mail claudia7974@naver.com

Hearing loss is the third most common chronic health condition faced by older adults. Recently, a number of studies have demonstrated a significant association between hearing impairment and cognitive decline. However, the underlying explanatory mechanism of this relation has yet to be established. Given the relation between hearing loss and cognitive decline, researchers have been interested in the effect of restoring hearing ability on cognitive functions in older adults. One intervention option for management of the most severe to profound hearing loss in older adults is cochlear implantation (CI). We performed a review to assess the current status of the literature on the potential influence of CI on cognition in the older adults. Hearing rehabilitation through CI in elderly patients results in improvements in speech perception and cognitive function and lowers the progression to dementia. Further well-designed studies with long follow-up are needed to verify whether CI influences cognition in older adults. Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2022;65(1):1-9

**Keywords** Aged; Cochlear implantation; Cognition; Cognitive dysfunction; Hearing loss.

## 서론

난청은 가장 흔한 인간의 감각장애 중 하나이며, 노인에게 3번째로 흔한 만성질환이다.<sup>1)</sup> 노화에 의한 퇴행성 변화로, 65세 이상의 고령의 환자들은 난청 발생이 급격히 증가한다. 제8기 국민건강영양조사 결과에 따르면, 65세 이상의 성인에서 중증도 이상 난청 유병률은 남성 44.7%, 여성 36.2%이며, 70세 이상에서는 남성 54.0%, 여성 44.5%에 달한다.<sup>2)</sup>

노인에서 난청과 인지기능 저하와의 연관성은, 청각장애를 가진 노인이 정상 청력을 가진 노인보다 빠른 인지력 저하를 보인다는 결과를 보여주는 전향적이고 종적인(prospective, longitudinal) 많은 연구들을 통해 확립되었다.<sup>3-8)</sup> 이렇게 청각

장애와 인지력 저하의 연관성을 보여주는 다년간의 연구들을 연구 기간, 대상 환자 수, 청각장애 평가지표, 인지기능 평가 지표 및 연구결과에 대해 정리해서 Table 1에서 보여주었다. 그러나 아직 노화성 난청과 인지기능 저하의 관련성에 대한 원인 기전은 명확히 밝혀지지 않았고, 복합적인 요인들이 관여하는 것으로 생각된다.<sup>9)</sup> 또한, 난청은 치매에 대한 12가지 위험요인 중, 가장 큰 잠재력을 지닌 수정 가능한 위험 요소이며,<sup>10,11)</sup> 난청에 대한 청각적 중재를 통해 치매가 예방될 수 있다는 것을 제안한다. 그러나, 인지기능에 대한 보청기의 효과는 아직 명확하지 않은데,<sup>12,13)</sup> 이는 보청기로 인한 청력의 향상이 노인 환자에게 제한적이기 때문이다. 고심도 감각신경성 난청(profound sensorineural hearing loss) 환자들에게 인공와우 이식술(cochlear implantation)은 유일하게 가능한 치료법이며, 수술 이후 청력 수준은 크게 향상된다. 이는 인공와우 이식술 이후, 노인의 청각 수준이 인지능력에 긍정

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Table 1.** Summary of the studies showing the association between hearing loss and cognitive decline

Study	Study design	Number of subjects/age	Audiologic assessment	Cognitive function assessed	Results
Lin, et al. <sup>3)</sup>	Prospective, longitudinal (median follow-up of 11.9 years)	639 / 36–90 years	Pure-tone average of hearing thresholds at 0.5, 1, 2, and 4 kHz	Incidence of all-cause dementia and Alzheimer disease	The risk of incident all-cause dementia increased loglinearly with the severity of baseline hearing loss (1.27 per 10 db loss; 95% CI, 1.06–1.50)
Lin, et al. <sup>4)</sup>	Prospective, longitudinal (followed up for 6 years)	1984 / 77.4 years (mean)	Pure-tone average of hearing thresholds at 0.5, 1, 2, and 4 kHz	3MS (measuring global function) Digit Symbol Substitution test (measuring executive function) # Incident cognitive impairment: defined as 3MS score of less than 80 or a decline in 3MS score of more than 5 points from baseline	Compared to those with normal hearing, individuals with hearing loss (pure-tone average > 25 dB) had a 24% (HR, 1.24; 95% CI, 1.05–1.48) increased risk for incident cognitive impairment
Gallagher, et al. <sup>5)</sup>	Prospective, longitudinal (followed for 17 years)	1057 / 56.1 years (mean)	Pure-tone average of hearing thresholds at 0.5, 1, 2, and 4 kHz	Incident dementia: DSM-IV criteria, including standard criteria for vascular dementia and for Alzheimer disease Cognitive decline: cognitive test battery	Increased risk of dementia (OR, 4.07; 95% CI, 2.21–7.50 per 10-dBA rise in usual PTA) Further adjustment for social class, anxiety, and premorbid cognitive ability attenuated the association (OR, 2.67; 95% CI, 1.38–5.18)
Amieva, et al. <sup>6)</sup>	Prospective, longitudinal (25-year follow-up)	3670 / 73.8 years (mean) at no hearing loss group (n=2394), 76.7 years (mean) at self-reported moderate hearing loss group (n=1139), 81.7 years (mean) at Self-reported major hearing loss group (n=137)	Questionnaire assessing self-perceived hearing loss	MMSE	Self-reported hearing loss was significantly associated with lower baseline MMSE score ( $\beta=-0.69$ , $p<0.001$ ) and greater decline during the 25-year follow-up period ( $\beta=-0.04$ , $p=0.01$ ) independent of age, sex, and education. A difference in the rate of change in MMSE score over the 25-year follow-up was observed between participants with hearing loss not using hearing aids and controls ( $\beta=-0.06$ , $p<0.001$ ). In contrast, subjects with hearing loss using a hearing aid had no difference in cognitive decline ( $\beta=0.07$ , $p=0.08$ ) from controls
Deal, et al. <sup>7)</sup>	Prospective, longitudinal (over 9 years)	1889 in Health ABC study, 721 in CVS / 70–79 years in Health ABC study, 72–81 years in CVS	Pure-tone average of hearing thresholds at 0.5, 1, 2, and 4 kHz	Dementia: defined using a prespecified algorithm incorporating medication use, hospital records, and neurocognitive test scores	Three-hundred eighty seven (20%) participants had moderate/severe HI, and 716 (38%) had mild HI. After adjustment for demographic and cardiovascular factors, moderate/severe audiometric HI (vs. normal hearing) was associated with increased risk of incident dementia over 9 years (HR, 1.55; 95% CI, 1.10–2.19).

CI, confidence interval; HR, hazard ratio; 3MS, Modified Mini-Mental State Examination; OR, odds ratio; DSM-IV, Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders-IV; PTA, pure-tone average threshold; MMSE, Mini-Mental State Examination; ABC-, Aging, and Body Composition; CVS, Health ABC Cognitive Vitality Study; HI, hearing impairment

적인 영향을 미칠 수 있음을 시사할 수 있다. 본 연구에서는 노인 환자에서 청각장애와 인지기능 저하의 연관성 및 인공와우 수술 후 인지기능 향상에 대한 결과를 최근 논문 리뷰를 통해 정리하고, 인공와우 수술과 같은 청각적 중재가 인지기능에 있어 어떤 영향을 미칠지에 대해 알아보려고 한다.

## 본 론

### 노인에서 난청과 인지기능 저하의 연관성

최근에 체계적 리뷰 및 메타 분석에 대한 많은 연구들은 노인에서 난청과 인지기능 저하 및 치매 위험의 증가 등에 관한 연관성을 보여주고 있다.<sup>14-16)</sup> 20264명을 대상으로 한 36개의 연구들을 메타 분석한 연구에서, 노화성 난청과 인지기능 저하(odds ratio [OR], 1.22; 95% confidence interval [CI], 1.09-1.36)와 치매(OR, 1.28; 95% CI, 1.02-1.59)와의 유효한 연관성을 확인하였다.<sup>14)</sup>

Lin 등<sup>3,4)</sup>은 노인에서 난청의 심각도가 가속화된 인지기능 저하와 독립적으로 연관됨을 보여주었다. 결과적으로, 인지기능 평가에서 난청의 정도가 심할수록 더 나쁜 인지기능과 유의미한 상관관계를 가짐을 확인할 수 있었다. 또한, 25 dB HL 이상의 난청이 있는 경우 청력역치가 10 dB씩 증가함에 따라 치매 발생 위험이 20% 증가한다고 보고하였다.<sup>3)</sup> 6년간의 추적 관찰 동안, 난청을 가진 노인은 정상 청력을 가진 노인에 비해, 30%-40%의 낮은 인지기능을 보였고, 인지장애 위험이 24% 증가했다.<sup>4)</sup>

따라서, 난청은 인지기능 저하 및 치매 발생과 독립적인 연관성을 갖는다고 할 수 있다. 최근의 연구들에서 청력이 정상인 성인에 비해, 경도, 중등도, 심도 난청이 있는 성인에서 치매 발생 위험이 각각 2배, 3배, 5배 이상 증가함을 보고하고 있다.<sup>4,17)</sup> 또한, 최근의 전향적 코호트 연구들에서는 난청이 치매 발생에 있어 독립적인 위험요인임을 보여주고 있다.<sup>3,18-20)</sup> 난청이 치매 발생의 위험요인임을 설명하기 위해, 개체군 귀소분획(population attributable fraction)이라는 개념을 사용할 수 있는데, 이는 주어진 기간 동안 난청과 같은 위험요인이 제거되었을 때, 치매 발생이 감소하는 비율을 나타낸다.<sup>11)</sup> 치매 발생에서 난청의 귀소분획은 23.0%로, 이는 우울(10.1%), 사회적 고립(5.9%), 흡연(13.9%), 고혈압(5.1%), 당뇨(3.2%) 등의 다른 위험요인들보다 가장 높은 수치이다.<sup>11)</sup> 난청과 인지기능 저하 및 치매 발생 사이에 인과관계가 정립된다면, 보청기나 인공와우와 같은 청각재활을 통한 청력의 향상이 감각저하와 노화와 관련된 인지기능 저하를 완화시킬 수 있을 것이다.<sup>21)</sup>

노화성 난청과 인지기능 저하의 관련성을 설명 가능한 기

전이 아직 명확하게 밝혀지지 않았지만, 노화성 난청이 치매에 기여할 수 있음을 설명하는 잠재적인 원인 가설들이 있다 (Fig. 1). 크게 2가지 가설이 있는데, causal mechanism과 common mechanism이다. 그 중 causal mechanism을 설명하는 2가지 가설이 있다.

첫째, 이 둘의 관계가 인과관계(causal mechanism)라는 가설로, cognitive load hypothesis와 cascade hypothesis 등이 있다. Cognitive load hypothesis란, 난청으로 인하여 청각 인지 과정을 위해 더 많은 인지 자원을 필요로 하고, 다른 인지 과정에 사용되는 자원을 청취노력 쪽으로 전환하게 되어, 결국 인지적 예비율(cognitive reserve) 감소를 유발한다는 가설이다.<sup>22-25)</sup> 즉, 청각 자극 처리에 쏟는 과도한 인지 부하(cognitive load)가 뇌의 구조적 변화와 다른 인지 과정의 손상과 관련된 신경의 퇴행을 유발하며, 인지기능의 저하를 일으키게 된다.<sup>26)</sup> Cascade hypothesis에서는, 노화성 난청이 뇌 구조에 변화를 일으키고 치매 위험을 증가시킨다는 것이다. 난청을 가진 노인들의 MRI에서 일차 청각 피질의 부피 감소를 보였고,<sup>27,28)</sup> 이런 뇌부피의 감소는 잠재적으로 치매 위험 증가를 유발할 수 있는 인지 과정에 영향을 미칠 수 있다는 것이다. Cascade hypothesis를 설명하는 또 다른 가설은 사회적 고립이다. 노화성 난청 환자에서의 의사소통의 실패는 사회적 통합을 심각하게 제한하며, 이런 사회화의 감소는 사회적 고립, 고독감과 우울증을 일으키게 된다.<sup>29-34)</sup> 우울증과 사회적 고립은 청각장애와 인지장애 사이를 매개하는 역할을 하며 청각장애와 관련된 이러한 문제는 직간접적으로 인지장애를 유발하게 된다.

둘째, common mechanism 가설은 노화성 난청 그 자체가 치매를 일으키는 것이 아니라, 치매와 노화성 난청에 기여하는 공통 기전이 있다는 것이다. 즉, 노화성 난청과 인지기능 저하가 원인 관계가 아니라 공통의 원인에 의해 발생하고 서로 독립적으로 발생하며,<sup>26)</sup> 뇌의 노화과정에서 공통적인 신경 퇴화 과정의 결과라고 할 수 있다는 것이다.<sup>22)</sup> 이외에도 노화

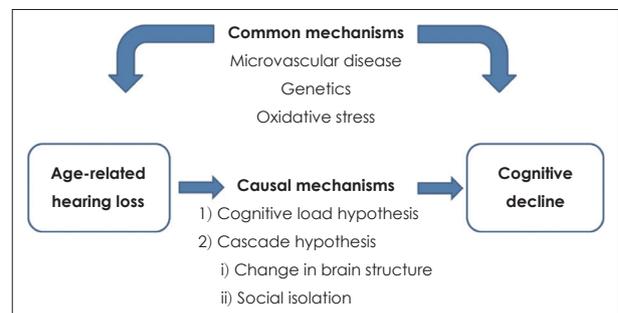


Fig. 1. Conceptual model of the association of age-related hearing loss with cognitive decline. Adapted from Chung. Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2020;63(4):145-53.<sup>9)</sup>

성 난청과 인지기능 저하 사이의 연관성을 설명하기 위해 최근 노쇠(frailty)와 관련된 가설도 제기되고 있지만,<sup>35,36)</sup> 이 둘 간의 정확한 인과관계의 확립을 위해 많은 후속 연구들이 필요할 것으로 생각된다.

### 노인 환자에서 인공와우 수술 후 결과

인공와우 수술이 고심도 난청의 표준적인 치료법으로 인정되면서, 수술 건수가 증가하고 수술 적응증의 범위도 확대되고 있다.<sup>37)</sup> 또한 인공와우 이식술 이후 획기적으로 개선된 청력재활의 결과에 대한 보고가 많았으나, 이는 주로 소아나 성인 환자에 국한되었다. 그러나, 최근 노령 인구의 증가에 따라, 노인 환자에서의 인공와우 수술이 증가함에 따라 이에 대한 연구 결과가 많이 보고되고 있다. 노인 환자에서 인공와우 이식술 시행 후 젊은 나이의 대조군과 비교하여 술후 언어수행력에 차이가 없음이 보고되었고,<sup>38,39)</sup> 삶의 질적인 측면에서도 노인 환자에서 와우이식술 후 향상된 결과가 보고되었다.<sup>40)</sup> 노인 환자에서 인공와우 수술 후 언어수행력 결과를 보고한 많은 연구들이 있다. Vermeire 등<sup>40)</sup>은 인공와우 이식술 이후 2년간 89명의 언어습득 후 난청을 가진 성인 환자들을 분석하였고, 이식 시의 연령은 평균 58세(17-83세)였으며, 난청의 기간이나 보청기 사용 유무에 대한 언급은 없었다. 이 중 25명은 70세 이상의 환자들이었고, 70세 이하 환자군과의 비교에서 언어수행력에 유의미한 차이가 없었다. Budenz 등<sup>41)</sup>은 언어습득 후 난청을 가진 성인 환자들에서 70세 이상의 환자 60명과 18-69세 사이의 환자 48명의 언어수행력을 2년간 경과 관찰 하였다. 노인 환자군에서 이식 시 평균연령은 76±4.0세(70-86세)였고, 젊은 환자군에서 평균연령은 47.9±10.8세(22-62세)였으며, 난청 기간은 평균 34.0±21.4년과 23.4±17.9년으로 두 군 간의 유의한 차이를 보였다( $p=0.01$ ). 인공와우 이식술 후 언어수행력에서 노인 환자군에서 유의미한 향상을 보였다. 두 군 모두 첫 3개월에 언어분별력(speech discrimination)의 빠른 향상을 보였고, 언어수행력에서도 비슷한 성장 속도를 보였다. 비록 노인 환자군의 언어수행력이 평균적으로 젊은 환자군에 비해 낮았지만, 이는 연령의 차이에 의한 것이 아니라 두 군 간의 난청 기간의 차이에 의한 것으로 생각된다. Lenarz 등<sup>42)</sup>은 1005명의 언어습득기 후 난청 환자 중에서 70세 이상의 환자 130명(Group 4)과 18-69세 사이의 환자 875명을 2년간 비교 분석하였고, 젊은 환자들은 나이에 따라, Group 1 (18-39세, n=220), Group 2 (40-59세, n=420), Group 3 (60-69세, n=235)로 분류하였다. 노인 환자군은 인공와우 이식술 이후 젊은 환자군과 유사한 학습곡선(learning curve)을 보였고, 조용한 환경에서 언어 평가에서도 젊은 환자군과 비슷한 수행력을 보였다. 언어 수행력은 6개월

째 안정적인 수준에 도달하였으며, 2년간 수행력의 감소는 관찰되지 않았다. 특히 이 연구에서는 연령 이외에 인공와우 이식술 결과에 영향을 미칠 수 있는 잠재적인 교란 요소로 생각되는 난청 기간, 수술 전 청력 수준, 임플란트 시스템의 유형 등을 같이 평가하였고, 노인 환자군과 젊은 환자군 사이에 이 세 가지 요인에 대해 유의미한 차이가 없었다. 즉 언어습득기 후 난청을 가진 노인 환자에서 인공와우 이식술 이후 음성 인식(speech perception)은 환자의 연령과 상관없이 크게 향상되었고,<sup>43)</sup> 이것은 이식 시 연령만을 술후 청력 결과의 예측인자로 고려할 것이 아니라, 난청 기간과 같은 보다 명확한 예측인자가 고려되어야 함을 의미한다. 또한, 최근의 연구들에서도 언어습득기 후 난청을 가진 노인 환자에서 인공와우 수술 후 청각학적 결과는 이식 연령과 유의미한 상관관계가 없음을 보고하고 있다.<sup>44-46)</sup> 따라서, 인공와우 수술은 고심도의 난청을 가진 고령의 환자에게 청각학적 수행력, 건강 상태, 사회적 상호작용에 있어 현저한 개선의 결과를 줄 수 있는 안전하고 효과적인 치료법임을 시사한다.<sup>43)</sup>

### 노인 환자에서 인공와우 수술이 인지기능에 미치는 영향

치매를 치료하는 데 있어 효과적인 치료가 아직 없기 때문에, 인지 기능 저하에 대한 수정 가능한 위험 요소를 관리하는 것이 개인과 사회에 지대한 영향을 미칠 수 있을 것이다. 따라서 난청이 인지기능 저하의 일차적인 개선 가능한 위험 요소가 되기 때문에, 보청기나 인공와우 같은 청각적 중재가 인지기능 저하 및 치매와 관련된 결과를 상당히 개선시킬 것이라 예상된다. 이는 인공와우 수술이 인지기능 향상에 미치는 영향에 대해 살펴본 몇몇 연구에서 확인할 수 있다.

프랑스에서 10개의 3차 의료기관에서 수행한 전향적 연구에서 65-85세의 환자 94명에서 인공와우 수술 전, 수술 후 6개월, 12개월 후 인지기능을 평가하였다.<sup>47)</sup> 수술 전 낮은 인지기능 점수를 받은 환자들의 80% 이상에서 인공와우 수술 후 12개월째 인지기능의 향상을 보였고, 인공와우를 통한 청각적 재활이 노인들에게 손상된 인지기능의 개선과 관련이 있다는 결론을 내었다. 노인 환자에서 인공와우 수술 후 인지기능의 결과를 보여주는 체계적 리뷰에 관한 연구에서는, 166명의 환자가 포함된 선택된 6개의 연구 중 5개에서 인공와우 수술 후 인지기능의 향상을 보고하였고,<sup>47-51)</sup> 오직 한 개의 연구에서만 수술 이후 인지 수행력에 유의한 변화가 보이지 않았다고 보고하였다.<sup>52)</sup> Table 2에서 노인 환자에서 인공와우 이식술이 인지기능에 미치는 영향에 대한 6개의 연구들을 정리하였다.

Ohta 등<sup>53)</sup>은 21명의 65세 이상 환자에서 인공와우 이식술 수술 전, 수술 후 1년, 2년까지 Mini-Mental State Exam-

**Table 2.** Summary of studies that demonstrated the impact of CI on cognition in elderly

Study	Number of subjects	Age	Duration of deafness	Cognitive outcome measure	Outcome
Ambert-Dahan, et al. <sup>48)</sup>	18 (postlingual deafness)	64 ( $\pm 3.5$ ) (range: 23–83)	6.5 ( $\pm 2.1$ ) years (range: 0.3–35 years)	Assessed prior to and 12 months after implantation by means of 2 cognitive screening tests, the CODEX and the MoCA	4 of the 8 participants with abnormal scores before implantation, improved their cognitive performance into the normal range 12 months after implantation. On the other hand, 3 of the 10 participants with normal preoperative cognitive scores demonstrated a decrease in performance, but remained in the normal range.
Castiglione, et al. <sup>49)</sup>	CI recipient (n=15) vs. normal hearing control (n=20)	Median: 71 (range: 67–75) vs. median: 70 (range: 65–80)	Not reported	Assessed before and 1 year after implantation using MoCA, GDS	Prior to implantation, the mean MoCA score was 25.7 ( $\pm 3.6$ ) and after implantation 27.2 ( $\pm 3.7$ ), which was a significant improvement ( $p < 0.01$ ). The postimplantation MoCA scores of the CI recipients did not significantly differ from the MoCA score of the NH listeners.
Cosetti, et al. <sup>50)</sup>	7 (postlingual deafness)	73.6 ( $\pm 5.82$ ) (range: 67–81)	29 years (range: 8–53 years)	Assessed prior to and average 3.7 years (range: 2–4.1 years) after implantation using an extensive cognitive test battery comprising the WASI, TMT parts A and B, controlled oral word association test, the Boston naming test and the RBANS	Improvements after CI were observed in 14 (70%) of all subtests administered. Declines occurred in 5 (25%) subtests. In 55 individual tests (43%), post-CI performance improved compared to a patient's own performance before implantation. Of these, 9 (45%) showed moderate or pronounced improvement. Overall, improvements were largest in the verbal and memory domains. Logistic regression demonstrated a significant relationship between speech perception and cognitive function over time. Five neurocognitive tests were predictive of improved speech perception following implantation.
Jayakody, et al. <sup>51)</sup>	CI recipient (n=16) vs. CI candidate (n=23)	61.8 ( $\pm 15.6$ ) vs. 69.0 ( $\pm 12.4$ )	34.4 ( $\pm 18.6$ ) years vs. 24.0 ( $\pm 21.8$ ) years	Assessments at the baseline (preop), 6 and 12 months postimplantation, by means of six subtests of the CANTAB: the attention switching, delayed matching to sample, paired associates learning, verbal recognition memory, reaction time, and spatial working memory task	Independent-sample t test scores for the changes between 0 and 12 months revealed that CI recipients performed significantly better on measures of simple reaction time, cognitive flexibility, paired-associate learning, working memory, and strategy use ( $p < 0.05$ ) compared with implant candidates. Compared with the candidates, recipients also showed significantly lower stress scores ( $p < 0.05$ ) after 1 year use of a CI.

**Table 2.** Summary of studies that demonstrated the impact of CI on cognition in elderly (continued)

Study	Number of subjects	Age (range)	Duration of deafness (years)	Cognitive outcome measure	Outcome
Mosnier et al. <sup>47)</sup>	94 (postlingual deafness)	72 (±5.0) (range: 65–85)	11 (±15.1) years	Evaluated before, 6 months after, and 12 months after CI using a battery of 6 tests evaluating attention, memory, orientation, executive function, mental flexibility, and fluency (MMSE, 5-word test, clock-drawing test, verbal fluency test, d2 test of attention, and TMT parts A and B)	The participants with preoperative abnormal scores showed significant improvements in all tests except in the CDT. The improvement was significant as early as six months for the MMSE (p=0.02), the FWT (p=0.004), the d2 test of attention (speed) (p=0.008), and the TMT part B (p=0.03), and became significant at 12 months for the TMT part A (p=0.02) and the number of errors on the d2 test of attention (p<0.001). The participants with normal preoperative scores remained stable over time for most tests. A significant decline was observed, however, in performance on the FWT at 6 and 12 months (p=0.002). Also the CDT presented a significant decline at 12 months after implantation (p=0.046).
Sonnet et al. <sup>52)</sup>	16 (postlingual deafness)	72.5 (±5.3) (range: 65–80)	17 years (mean duration of hearing aid use: 15 years)	Assessed prior to, at 6 and 12 months after implantation using cognitive test battery comprised the MMSE, the Rey complex figure test, TMT parts A and B, FWT, and test de dénomination orale d'image (DO80)	Overall, no significant changes were found in performance on any of these cognitive tests across the three measurements. For instance, the mean MMSE score was 27.1 (±2.1), 26.0 (±3.0), and 27.7 (±1.6) prior to, at 6 and 12 months after surgery respectively.

CI, cochlear implantation; CODEX, Cognitive Disorders Examination; MoCA, Montreal Cognitive Assessment; GDS, Geriatric Depression Scale; NH, normal hearing; WASI, Wechsler Abbreviated Scale of Intelligence; TMT, Trail Making Test; RBANS, Repeatable Battery for the Assessment of Neuropsychological Status; CANTAB, Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery; MMSE, Mini-Mental State Examination; CDT, clock-drawing test; FWT, 5-word test

nation (MMSE)으로 인지기능을 평가하였을 때, 음성 생성 (speech production)은 인공와우 이식술 이후 인지기능 향상을 위해 중요하며, 인지기능의 향상은 인공와우 이식술 이후 1년째 최고점에 이르게 됨을 보고하였다. 비록 노인 환자에서 고심도의 난청이 인지기능 저하를 악화시키지만, 인공와우 이식술은 MMSE 점수가 최고점인 1년 후(즉, 인공와우 이식술 이후 2년째) 감소하더라도 인지 기능에 긍정적인 영향을 미친다고 보고하였다.<sup>53)</sup> 또한, 청각에 기반하여 다른 사람들과 대화하는 것은 인지기능을 향상시키기 위해 매우 중요하며, 단순히 청각 수준과 음성 인식(speech recognition)이 향상되는 것만으로는 부족함을 시사하였다. 따라서, 고령의 인공와우 이식술 환자에서 청각보상을 기반으로 한 대화능력 향상을 목표로 한 재활이 치매 예방의 핵심 전략이 될 것이다.<sup>53)</sup>

65세 이상의 고령 인공와우 이식술 환자 70명에 대한 연구에서, 경도인지장애(mild cognitive impairment) 확률은 45%로,<sup>44)</sup> 같은 나이의 일반인이 3%–19%인 것에 비해 높았고,<sup>54)</sup> 인공와우 이식술 후 청각재활이 의사소통, 삶의 질, 인지기능 향상에 긍정적 효과를 보여 치매로의 이행이 줄어들음을 보여주었다. 이는 난청에 의한 경도인지장애는 인지기능에 있어 청각재활에 의해 긍정적 효과를 갖는 아형(subtype)일 것이라는 가정을 할 수 있다.<sup>44)</sup> 따라서, 특히 경도인지장애를 가지는 고심도의 난청 환자에서 지체 없이 인공와우 수술을 제안하는 중요성을 강조하고 있다.<sup>44)</sup> 따라서, 심도의 난청을 가진 노인 환자에서 경도인지장애와 같은 cognitive syndrome을 특정 지을 수 있는 바이오마커나 신경학적 영상검사(neuroimaging) 같은 추가적 검사가 필요할 것이고 특히, 경도인지장애와 같은 인지기능 저하가 있는 환자의 경우 인공와우 이식술을 통해 인지기능 저하를 역전시켜 치매로의 이환을 예방할 수 있을 것이다.<sup>44)</sup>

위와 같은 많은 연구들에서 인공와우 이식술 이후 인지기능이 향상됨에 대한 명백한 결과를 얻었다. 그러나 여전히 남은 의문은 인공와우 이식술 이후의 인지적 개선이 청각과 관련된 인지적 저하를 완전히 역전시킬 수 있을 만큼 충분히 큰 지 여부에 대한 핵심 의문으로 남아 있다. 이런 의문은 인공와우 이식술 이후 난청 환자들을 연령이 매치된 정상 청력의 대조군과의 비교를 통해 해결할 수 있다.<sup>55)</sup> 또한, 인지기능 검사 중 일부 항목들은 지시문이나 수행과정이 청각적 표현으로 되어있거나, 검사 수행과정에서 구어를 반복하는 등 청각에 의존해야 하는 언어 과제이기 때문에, 난청으로 인해 검사 수행이 어려워 난청인에서 인지기능이 저평가되는 경우들이 있다. 이렇게 청각적 표현에 의존하는 인지기능 검사에서 인공와우 이식술 이후 관찰된 변화는 단순히 인지의 향상에 의한다기 보다는 청력개선의 결과일 수 있다.<sup>55)</sup> 청력개선에 의

한 인지기능 향상 효과를 배제하기 위해서는 청력에 의존하지 않는 인지기능 검사나, 기존 검사의 변형이 필요할 것이다.

2021년 Huber 등<sup>55)</sup>은 나이, 성별, 교육 정도를 매칭한 정상 청력군과의 비교를 통해, 인공와우 이식술 전과 수술 후 12개월째 인지기능 수행을 평가하였다. 이 연구에서, 정상 청력군과 비교하여 확인한 차이를 보이는 일부의 특정 인지 기술만이 인공와우 이식술 후 보상될 수 있었다. 정상 청력군과 동등한 결과는 계획(planning), 조정(coordination), 주의력 조절(attentional control)을 필요로 하는 인지 과업이었다. 지연 회상(delayed recall), 언어성 기억회상(verbal retrieval), 억제(inhibition), 인지적 유연성(cognitive flexibility)을 강조하는 인지적 과업의 수행은 인공와우 이식술 환자에서 더 열등하였다.<sup>55)</sup> 또한, 인지 기능의 향상은 수술 후 12개월이 아닌 3개월째 음성 인식(speech recognition) 결과와 관련이 있었다.<sup>55)</sup>

## 결론

노인에서 난청과 인지기능 저하는 높은 관련성을 가진다. 또한, 노화성 난청은 인지기능 저하 및 치매의 중요한 위험요인으로 작용하기 때문에, 보청기나 인공와우 등을 통한 청각적 재활이 치매를 예방할 수 있는 대안이 될 수 있다. 특히 고심도 이상의 난청을 가진 노인 환자에서 인공와우 수술은 청각적 수행력을 높일 수 있는 효과적인 청각재활 방법이다. 노인환자에서 인공와우 수술 후 청각재활이 인지기능 향상에 긍정적 효과를 보여 치매로의 이행이 줄어들 것으로 생각된다. 특히, 심고도의 난청을 가진 노인 환자에서 바이오마커나 신경학적 영상검사 등을 통한 정도의 인지기능 장애와 같은 인지기능 저하를 조기에 발견하여, 인공와우 같은 좀 더 적극적인 수술적 치료를 통해 인지기능 저하를 역전시켜 치매로의 이행을 감소시킬 수 있을 것이다. 앞으로 좀 더 청각적 영향력을 배제한 인지기능 검사와 오랜 경과 관찰 기간을 가지는 잘 디자인된 연구를 통해 인공와우 수술이 인지기능에 미치는 영향을 좀 더 체계적으로 분석할 수 있을 것이다.

## Acknowledgments

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. NRF-2020R1A2C2C102660).

## ORCID

Juyong Chung <https://orcid.org/0000-0001-5099-5243>

## REFERENCES

- 1) Cruickshanks KJ, Wiley TL, Tweed TS, Klein BE, Klein R, Mares-Perlman JA, et al. Prevalence of hearing loss in older adults in Beaver Dam, Wisconsin. The epidemiology of hearing loss study. *Am J Epidemiol* 1998;148(9):879-86.
- 2) Korea Centers for Disease Control and Prevention. The Eighth Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES VIII). 2021 Dec [cited 2021 Dec 1]. [https://knhanes.kdca.go.kr/knhanes/sub04/sub04\\_04\\_03.do](https://knhanes.kdca.go.kr/knhanes/sub04/sub04_04_03.do).
- 3) Lin FR, Metter EJ, O'Brien RJ, Resnick SM, Zonderman AB, Ferrucci L. Hearing loss and incident dementia. *Arch Neurol* 2011; 68(2):214-20.
- 4) Lin FR, Yaffe K, Xia J, Xue QL, Harris TB, Purchase-Helzner E, et al. Hearing loss and cognitive decline in older adults. *JAMA Intern Med* 2013;173(4):293-9.
- 5) Gallacher J, Ilubaera V, Ben-Shlomo Y, Bayer A, Fish M, Babisch W, et al. Auditory threshold, phonologic demand, and incident dementia. *Neurology* 2012;79(15):1583-90.
- 6) Amieva H, Ouvrard C, Giulioli C, Meillon C, Rullier L, Dartigues JF. Self-reported hearing loss, hearing aids, and cognitive decline in elderly adults: A 25-year study. *J Am Geriatr Soc* 2015;63(10): 2099-104.
- 7) Deal JA, Betz J, Yaffe K, Harris T, Purchase-Helzner E, Satterfield S, et al. Hearing impairment and incident dementia and cognitive decline in older adults: The health ABC study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2017;72(5):703-9.
- 8) Davis A, McMahon CM, Pichora-Fuller KM, Russ S, Lin F, Olusanya BO, et al. Aging and hearing health: The life-course approach. *Gerontologist* 2016;56(Suppl 2):S256-67.
- 9) Chung J. Association of age-related hearing loss with cognitive decline. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 2020;63(4): 145-53.
- 10) Livingston G, Huntley J, Sommerlad A, Ames D, Ballard C, Banerjee S, et al. Dementia prevention, intervention, and care: 2020 report of the Lancet Commission. *Lancet* 2020;396(10248):413-46.
- 11) Livingston G, Sommerlad A, Orgeta V, Costafreda SG, Huntley J, Ames D, et al. Dementia prevention, intervention, and care. *Lancet* 2017;390(10113):2673-734.
- 12) van Hooren SA, Anteunis LJ, Valentijn SA, Bosma H, Ponds RW, Jolles J, et al. Does cognitive function in older adults with hearing impairment improve by hearing aid use? *Int J Audiol* 2005;44(5): 265-71.
- 13) Valentijn SA, van Boxtel MP, van Hooren SA, Bosma H, Beckers HJ, Ponds RW, et al. Change in sensory functioning predicts change in cognitive functioning: Results from a 6-year follow-up in the maastricht aging study. *J Am Geriatr Soc* 2005;53(3):374-80.
- 14) Loughrey DG, Kelly ME, Kelley GA, Brennan S, Lawlor BA. Association of age-related hearing loss with cognitive function, cognitive impairment, and dementia: A systematic review and meta-analysis. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg* 2018;144(2): 115-26.
- 15) Wei J, Hu Y, Zhang L, Hao Q, Yang R, Lu H, et al. Hearing impairment, mild cognitive impairment, and dementia: A meta-analysis of cohort studies. *Dement Geriatr Cogn Dis Extra* 2017; 7(3):440-52.
- 16) Ford AH, Hankey GJ, Yeap BB, Golledge J, Flicker L, Almeida OP. Hearing loss and the risk of dementia in later life. *Maturitas* 2018;112:1-11.
- 17) Foster SM, Davis HP, Kisley MA. Brain responses to emotional images related to cognitive ability in older adults. *Psychol Aging* 2013;28(1):179-90.
- 18) Gurgel RK, Ward PD, Schwartz S, Norton MC, Foster NL, Tschanz JT. Relationship of hearing loss and dementia: A prospective, population-based study. *Otol Neurotol* 2014;35(5):775-81.
- 19) Quaranta N, Coppola F, Casulli M, Barulli O, Lanza F, Tortelli R, et al. The prevalence of peripheral and central hearing impairment and its relation to cognition in older adults. *Audiol Neurootol* 2014; 19(suppl 1):10-4.

- 20) Golub JS, Luchsinger JA, Manly JJ, Stern Y, Mayeux R, Schupf N. Observed hearing loss and incident dementia in a multiethnic cohort. *J Am Geriatr Soc* 2017;65(8):1691-7.
- 21) Miller G, Miller C, Marrone N, Howe C, Fain M, Jacob A. The impact of cochlear implantation on cognition in older adults: A systematic review of clinical evidence. *BMC Geriatr* 2015;15:16.
- 22) Wayne RV, Johnsrude IS. A review of causal mechanisms underlying the link between age-related hearing loss and cognitive decline. *Ageing Res Rev* 2015;23(Pt B):154-66.
- 23) Tun PA, McCoy S, Wingfield A. Aging, hearing acuity, and the attentional costs of effortful listening. *Psychol Aging* 2009;24(3):761-6.
- 24) Martini A, Castiglione A, Bovo R, Vallesi A, Gabelli C. Aging, cognitive load, dementia and hearing loss. *Audiol Neurootol* 2014;19(suppl 1):2-5.
- 25) Chern A, Golub JS. Age-related hearing loss and dementia. *Alzheimer Dis Assoc Disord* 2019;33(3):285-90.
- 26) Uchida Y, Sugiura S, Nishita Y, Saji N, Sone M, Ueda H. Age-related hearing loss and cognitive decline - The potential mechanisms linking the two. *Auris Nasus Larynx* 2019;46(1):1-9.
- 27) Peelle JE, Troiani V, Grossman M, Wingfield A. Hearing loss in older adults affects neural systems supporting speech comprehension. *J Neurosci* 2011;31(35):12638-43.
- 28) Eckert MA, Cude SL, Vaden KI Jr, Kuchinsky SE, Dubno JR. Auditory cortex signs of age-related hearing loss. *J Assoc Res Otolaryngol* 2012;13(5):703-13.
- 29) Mick P, Kawachi I, Lin FR. The association between hearing loss and social isolation in older adults. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2014;150(3):378-84.
- 30) Dawes P, Emsley R, Cruickshanks KJ, Moore DR, Fortnum H, Edmondson-Jones M, et al. Hearing loss and cognition: The role of hearing AIDS, social isolation and depression. *PLoS One* 2015;10(3):e0119616.
- 31) Sugawara N, Sasaki A, Yasui-Furukori N, Kakehata S, Umeda T, Namba A, et al. Hearing impairment and cognitive function among a community-dwelling population in Japan. *Ann Gen Psychiatry* 2011;10(1):27.
- 32) Amieva H, Ouvrard C, Meillon C, Rullier L, Dartigues JF. Death, depression, disability, and dementia associated with self-reported hearing problems: A 25-year study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2018;73(10):1383-9.
- 33) Rutherford BR, Brewster K, Golub JS, Kim AH, Roose SP. Sensation and psychiatry: Linking age-related hearing loss to late-life depression and cognitive decline. *Am J Psychiatry* 2018;175(3):215-24.
- 34) Kiely KM, Anstey KJ, Luszcz MA. Dual sensory loss and depressive symptoms: The importance of hearing, daily functioning, and activity engagement. *Front Hum Neurosci* 2013;7:837.
- 35) Panza F, Lozupone M, Sardone R, Battista P, Piccininni M, Dibello V, et al. Sensorial frailty: Age-related hearing loss and the risk of cognitive impairment and dementia in later life. *Ther Adv Chronic Dis* 2018;10:2040622318811000.
- 36) Jayakody DMP, Friedland PL, Martins RN, Sohrabi HR. Impact of aging on the auditory system and related cognitive functions: A narrative review. *Front Neurosci* 2018;12:125.
- 37) Haensel J, Ilgner J, Chen YS, Thuermer C, Westhofen M. Speech perception in elderly patients following cochlear implantation. *Acta Otolaryngol* 2005;125(12):1272-6.
- 38) Kelsall DC, Shallop JK, Burnelli T. Cochlear implantation in the elderly. *Am J Otol* 1995;16(5):609-15.
- 39) Chatelin V, Kim EJ, Driscoll C, Larky J, Polite C, Price L, et al. Cochlear implant outcomes in the elderly. *Otol Neurotol* 2004;25(3):298-301.
- 40) Vermeire K, Brokx JP, Wuyts FL, Cochet E, Hofkens A, Van de Heyning PH. Quality-of-life benefit from cochlear implantation in the elderly. *Otol Neurotol* 2005;26(2):188-95.
- 41) Budenz CL, Cosetti MK, Coelho DH, Birenbaum B, Babb J, Waltzman SB, et al. The effects of cochlear implantation on speech perception in older adults. *J Am Geriatr Soc* 2011;59(3):446-53.
- 42) Lenarz M, Sönmez H, Joseph G, Büchner A, Lenarz T. Cochlear implant performance in geriatric patients. *Laryngoscope* 2013;122(6):1361-5.
- 43) Amin N, Wong G, Nunn T, Jiang D, Pai I. The outcomes of cochlear implantation in elderly patients: A single United Kingdom center experience. *Ear Nose Throat J* 2021;100(5\_suppl):842S-7S.
- 44) Mosnier I, Vanier A, Bonnard D, Lina-Granade G, Truy E, Bordure P, et al. Long-term cognitive prognosis of profoundly deaf older adults after hearing rehabilitation using cochlear implants. *J Am Geriatr Soc* 2018;66(8):1553-61.
- 45) Wong DJ, Moran M, O'Leary SJ. Outcomes after cochlear implantation in the very elderly. *Otol Neurotol* 2016;37(1):46-51.
- 46) Garcia-Iza L, Martinez Z, Ugarte A, Fernandez M, Altuna X. Cochlear implantation in the elderly: Outcomes, long-term evolution, and predictive factors. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2018;275(4):913-22.
- 47) Mosnier I, Bebear JP, Marx M, Fraysse B, Truy E, Lina-Granade G, et al. Improvement of cognitive function after cochlear implantation in elderly patients. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg* 2015;141(5):442-50.
- 48) Ambert-Dahan E, Routier S, Marot L, Bouccara D, Sterkers O, Ferrary E, et al. Cognitive evaluation of cochlear implanted adults using CODEX and MoCA screening tests. *Otol Neurotol* 2017;38(8):e282-4.
- 49) Castiglione A, Benatti A, Velardita C, Favaro D, Padoan E, Severi D, et al. Aging, cognitive decline and hearing loss: Effects of auditory rehabilitation and training with hearing aids and cochlear implants on cognitive function and depression among older adults. *Audiol Neurootol* 2016;21(1):21-8.
- 50) Cosetti MK, Pinkston JB, Flores JM, Friedmann DR, Jones CB, Roland JT Jr, et al. Neurocognitive testing and cochlear implantation: Insights into performance in older adults. *Clin Interv Aging* 2016;11:603-13.
- 51) Jayakody DMP, Friedland PL, Nel E, Martins RN, Atlas MD, Sohrabi HR. Impact of cochlear implantation on cognitive functions of older adults: Pilot test results. *Otol Neurotol* 2017;38(8):e289-95.
- 52) Sonnet MH, Montaut-Veriet B, Niemier JY, Hoen M, Ribeyre L, Parietti-Winkler C. Cognitive abilities and quality of life after cochlear implantation in the elderly. *Otol Neurotol* 2017;38(8):e296-301.
- 53) Ohta Y, Imai T, Maekawa Y, Morihana T, Osaki Y, Sato T, et al. The effect of cochlear implants on cognitive function in older adults: A prospective, longitudinal 2-year follow-up study. *Auris Nasus Larynx*. In press 2021.
- 54) Gauthier S, Reisberg B, Zaudig M, Petersen RC, Ritchie K, Broich K, et al. Mild cognitive impairment. *Lancet* 2006;367(9518):1262-70.
- 55) Huber M, Roesch S, Pletzer B, Lukaschik J, Lesinski-Schiedat A, Ilg A. Can cochlear implantation in older adults reverse cognitive decline due to hearing loss? *Ear Hear* 2021;42(6):1560-76.

## 정답 및 해설

## 1. 답 ②

**해설** 우측 귀의 incus가 소실된 경우로, 중이의 소리 전달 기전이 파괴되어 전음성 난청 소견을 보인다. 이소골 성형술을 통해 청력개선이 될 수 있다.

참고 문헌: 대한이비인후과학회, 이비인후과학:이과, 개정2판, 파주: 군자출판사;2018, p.206-7.

## 2. 답 ①

**해설** 상고실 진주종(attic cholesteatoma)은 이관의 기능부전으로 인한 중이 내의 음압으로 섬유조직이 적고 지지하는 힘이 적은 고막의 이완부에서 주로 발생한다. 반복되는 염증으로 고막 합입낭이 형성되고 깊어지면서, 내함낭의 주머니 안에서 상피세포의 이동이 저하되고 탈락 상피가 빠져 나오지 못하게 되면, 계속 케라틴이 축적되면서 내함낭이 폐쇄된 공간 속으로 점차 자라 들어가 진주종을 형성하게 된다.

참고 문헌: 대한이비인후과학회, 이비인후과학:이과, 개정2판, 군자출판사;2018, p.418.