



# A Case of Simultaneous Active Transcutaneous Bone Conduction Implantation (Bonebridge™) Performed with Subtotal Petrosectomy

Jae Sang Han, Jung Mee Park, Yun Jin Kang, and Shi Nae Park

Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, Seoul St. Mary's Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea, Seoul, Korea

추체아전절제술과 피하 이식형 골도 보청기(Bonebridge™)을 동시에 시행한 편측성 난청 환자 1예

한재상 · 박정미 · 강운진 · 박시내

가톨릭대학교 의과대학 서울성모병원 이비인후과학교실

Received October 28, 2019

Revised January 3, 2020

Accepted February 3, 2020

Address for correspondence

Shi Nae Park, MD, PhD

Department of Otolaryngology-

Head and Neck Surgery,

Seoul St. Mary's Hospital,

College of Medicine,

The Catholic University of Korea,

222 Banpo-daero, Seocho-gu,

Seoul 06591, Korea

Tel +82-2-2258-6215

Fax +82-2-595-1354

E-mail snparkmd@catholic.ac.kr

Subtotal petrosectomy (STP) is an effective treatment modality for recurrent suppurative otitis media (CSOM) and cochlear implant (CI) may be combined for auditory rehabilitation. An active transcutaneous bone conduction implantation system, known as Bonebridge™ (BB) (MED-EL), is indicated for conductive or mixed hearing loss as well as for single-side deafness, but no cases of BB implantation during STP have been reported. A 37-year-old woman who had previously undergone radical mastoidectomy visited our clinic. The left side was deaf and the CT scan showed total ossification of the cochlea, indicating that CI was not possible. STP was performed and bone conduction-floating mass transducer was placed at a sinodural angle. A month later, the sound processor was applied successfully without any complications. This case suggests that BB implantation during STP may be another effective therapeutic option for CSOM patients who have difficulty undergoing CI procedure.

Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2020;63(8):386-90

**Key Words** Bone conduction · Hearing aid · Otitis media · Unilateral hearing loss.

## 서론

추체아전절제술(subtotal petrosectomy)은 측두골의 모든 함기세포를 제거하는 수술로서 중이강과 유양돌기 및 추체첨 부위의 모든 함기세포와 점막을 이소골, 외이도, 고막과 함께 제거하고 외이도와 이관을 폐쇄한 후 수술 부위를 복부 지방으로 폐쇄하여 염증의 통로를 막는 술식이다. 1988년 Fisch와 Mattox<sup>1)</sup>에 의해 수술법이 정립된 이후, 반복적으로 재발하는 만성 중이염이나 진주종 수술뿐 아니라 뇌척수액 이루, 종양 제거 등에 적용되고 있다.<sup>2)</sup> 외이도를 폐쇄하기 때

문에 전도성 난청이 발생하지만, 최근 이식형 청각 기기 사용을 통해 청각 재활을 함께 도모하는 방법들이 고안되기 시작하였다. 1998년부터 Bendet 등<sup>3)</sup>과 Issing 등<sup>4)</sup>에 의해 추천아 전절제술 및 인공와우 삽입술(cochlear implant)을 함께 시행하는 것이 소개되었으며, 본 저자들도 전농을 동반한 만성 중이염 환자들에게 이 방법이 안전하고 효과적인 청각 재활 술식이라는 것을 발표한 바 있다.<sup>5)</sup> 이후 Linder 등<sup>6)</sup>에 의해 중이 이식술도 추체아전절제술과 효과적으로 함께 적용될 수 있음이 보고 되기도 하였으나, 아직까지 이식형 골도보청기(bone conduction implantation, BCI)와 추체아전절제술을 함께 시행한 보고는 많지 않으며, 특히 active transcutaneous type 기기인 Bonebridge™(MED-EL, Innsbruck, Austria)를 추체아전절제술과 함께 시행한 사례는 국내외적으로 아직까

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.

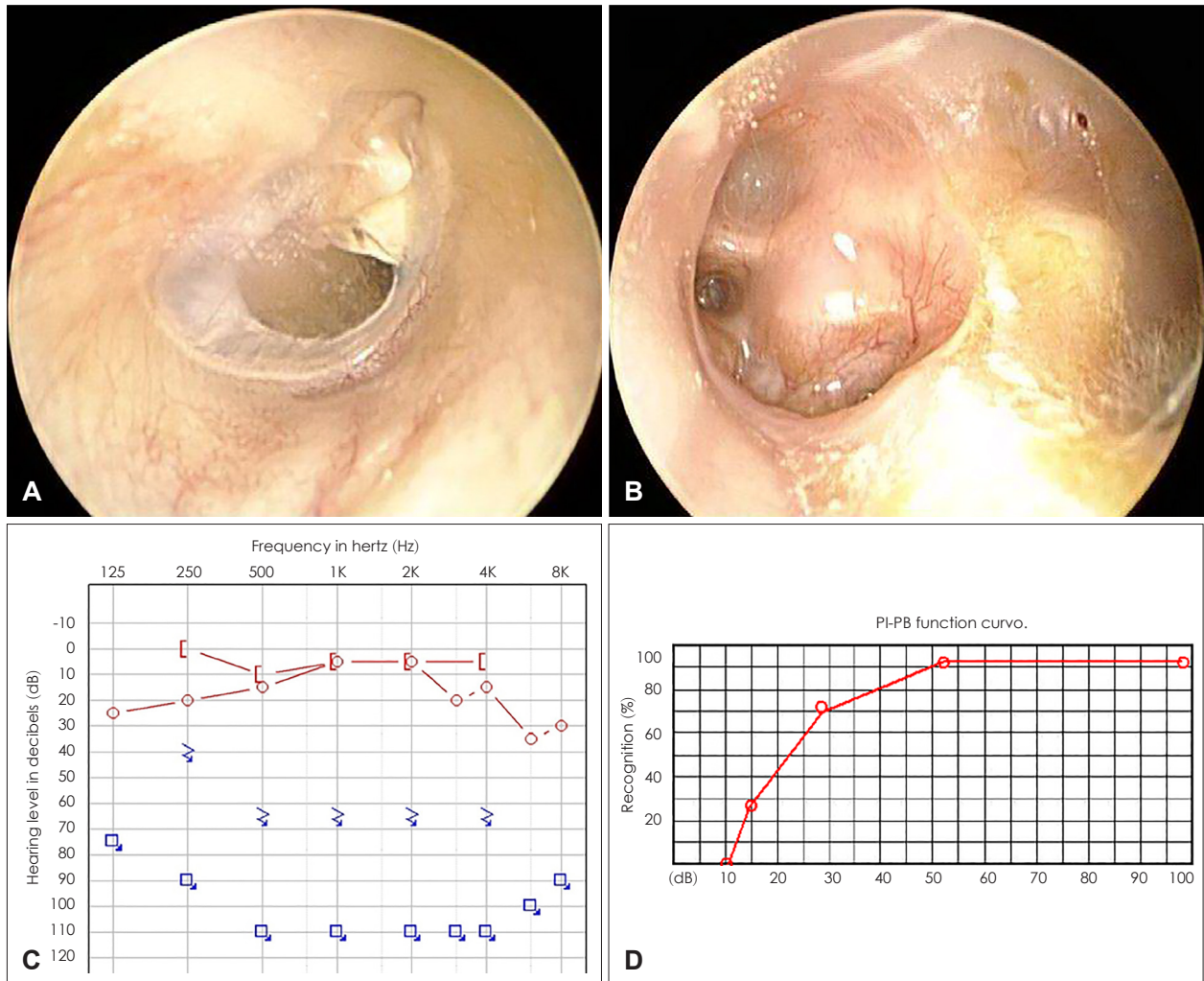
지 보고된 바 없다. 본 저자들은 와우 골화(ossification)가 동반된 만성 중이염으로 일측 전농이 발생한 환자에서 추체아전절제술과 Bonebridge™를 동시에 시행하였기에 문헌 고찰과 함께 보고하는 바이다.

## 증 례

37세 여자 환자가 약 20년 전부터 지속되는 좌측 귀의 난청, 이루 및 이통을 주소로 내원하였다. 약 19년 전 타병원에서 중이염 수술을 받았으나 청력의 호전은 없었다고 하였고 이후에도 이루 및 이통은 지속되고 있었다. 또한 간헐적인 어지럼증 및 이명도 함께 호소하고 있었으며, 다른 특이 과거력이나 가족력은 없었다. 이내시경 소견에서 좌측 고막이 완전 유착되어 있었고 이루가 관찰되었으며, 이전 수술로 인한 큰 개방형 유양동과 육아조직이 관찰되었다. 순음청력검사에서 우측

의 평균 회화음역 6분법 골도 청력은 6.25 dB이었으나 좌측은 모든 주파수에서 전농 상태였고, 어음명료도 검사에서도 좌측 전농 상태였다(Fig. 1). 측두골 컴퓨터단층촬영(CT)에서 이소골이 관찰되지 않고 외이도 후벽을 포함한 유양돌기가 제거된 상태로 좌측 과거 개방형 유양돌기절제술(canal wall down mastoidectomy)을 시행한 상태임을 확인할 수 있었으며, 와우와 세반고리관의 전반적인 골화(ossification)도 동반되어 있었다(Fig. 2). 따라서 개방형 유양돌기절제술에도 지속되는 만성 중이염의 치료를 위해 추체아전절제술 시행을 계획하였고, 환자가 보청기 사용에 거부감이 있었으므로 이식형 청각재활기기 사용을 고려하였다. 본 환자에서는 와우 골화로 인해 인공와우 이식 수술이 불가능할 것으로 판단되어 환자와 충분한 상의 후 이식형 골도보청기인 Bonebridge™ 삽입술을 동시에 시행하기로 결정하였다.

수술은 전신마취 하에 진행되었으며, implant device가 위



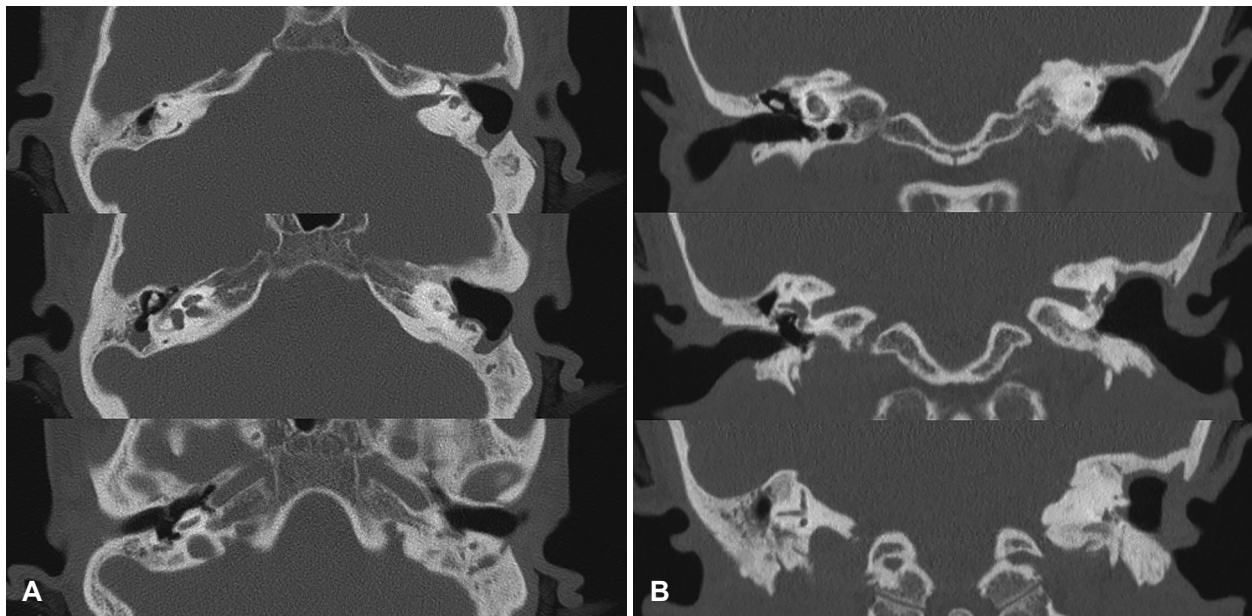
**Fig. 1.** Preoperative evaluation: oto-endoscopic images show a healed state of tympanic membrane on the right ear (A) and a postoperative state of canal wall down mastoidectomy, concomitant with adhesive otitis media with otorrhea on the left ear (B). Pure tone audiometry and speech audiogram show a completely deaf left ear and relatively normal hearing on the right ear (C, D).

치할 부분을 피부에 도안한 후 이개후 수술법(postauricular approach)으로 접근하여 외이도를 봉합하고 중이 및 유양돌기의 염증 조직을 완전 제거하는 추체아전절제술을 시행하였다. 제거된 유양돌기 공동에 bone conduction floating mass transducer(BC-FMT)가 위치할 부분을 확보하기 위하여 추가 drilling을 시행한 뒤, 이관과 외이도를 폐쇄한 후 복부에서 채취한 지방조직을 BC-FMT가 위치할 부분을 제외한 나머지 부분에 위치시켰다. 이후 BC-FMT를 implant lift를 이용하여 높이를 조절하고 screw로 고정한 다음 남은 지방조직으로 수술 부위를 추가 보강하고 수술을 마쳤다(Fig. 3). 환자는 수술 다음날 특이 합병증 없이 퇴원하였으며, 수술 후 1개월 후부터 외부 장치 사용을 시작하였다. 수술 6개월 후 외래에서 특이 합병증 관찰되지 않았고, K-IOI-HA 설문지는 28점으로 높은 만족도를 보였다. 이명도 외부 장치 사용 후 감소되어 수술 전, 후 Tinnitus Handicap Inventroy 점수가 56점에서 38점으로 감소되었다. 건축 귀에 헤드폰을 사용하여 차폐를 한 상태에서 외부장치를 착용하고 시행한 음장검사 결과 순음청력검사는 6분법 평균 청력 역치 42.5 dB, 50 dB speech noise 환경에서 60 dB의 어음으로 시행한 어음명료도 검사에서 48%로 확인되어 외부 장치 사용 후 충분한 기능 이득을 얻는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 4).

## 고 찰

일반 보청기를 이용하여 충분한 이득을 얻을 수 없는 편측

성 난청(single-sided deafness) 환자에게 적용할 수 있는 청각 재활 방법에는 대표적으로 인공와우수술, CROS(또는 BiCROS) 보청기 그리고 이식형 골도 보청기가 있다.<sup>7)</sup> 이 중 이식형 골도 보청기는 피부를 통해서 진동을 전달하는 skin-drive BCI와 두개골에 직접 진동을 전달하는 direct-drive BCI로 나눌 수 있고, direct-drive BCI는 다시 abutment를 통해 외부장치를 연결하여 진동을 전달하는 percutaneous 방식과 magnet으로 외부장치가 부착되며 삽입된 transducer가 직접 두개골에 진동을 전달하는 active transcutaneous 방식으로 나눌 수 있다. 이 중 active transcutaneous 방식은 percutaneous 방식에서 흔하게 발생하는 피부 관련 합병증의 빈도가 낮으며 청력검사 결과와 환자의 주관적 만족도가 높다는 점이 장점으로 보고되고 있다.<sup>8)</sup> Magliulo 등<sup>9)</sup>이 2015년 발표한 것이 BCI와 추체아전절제술을 함께 시행한 것에 대한 유일한 문헌으로, skin-drive BCI인 Sophono<sup>®</sup> (Sophono Inc., Boulder, CO, USA)와 추체아전절제술을 함께 시행한 환자 10명의 수술 결과를 보고하였는데 일반 골도 보청기를 사용했을 때 보다 우월한 청각 재활 결과를 얻으면서 특별한 합병증은 발생하지 않았다고 하였다. 그러나 본 저자들과 같이 active transcutaneous BCI인 Bonebridge<sup>™</sup>를 추체아전절제술과 함께 시행한 것은 본 증례가 처음이며, Zernotti 등<sup>10)</sup>이 시행한 Sophono<sup>®</sup>와 Bonebridge<sup>™</sup>를 비교한 연구에서 Bonebridge<sup>™</sup>가 중간 및 고주파수에서 더 나은 청각 재활 효과를 얻었고 사용자의 기기 착용시간이 길었다는 보고가 있었음을 고려해 보았을 때, Bonebridge<sup>™</sup>에서 더 나



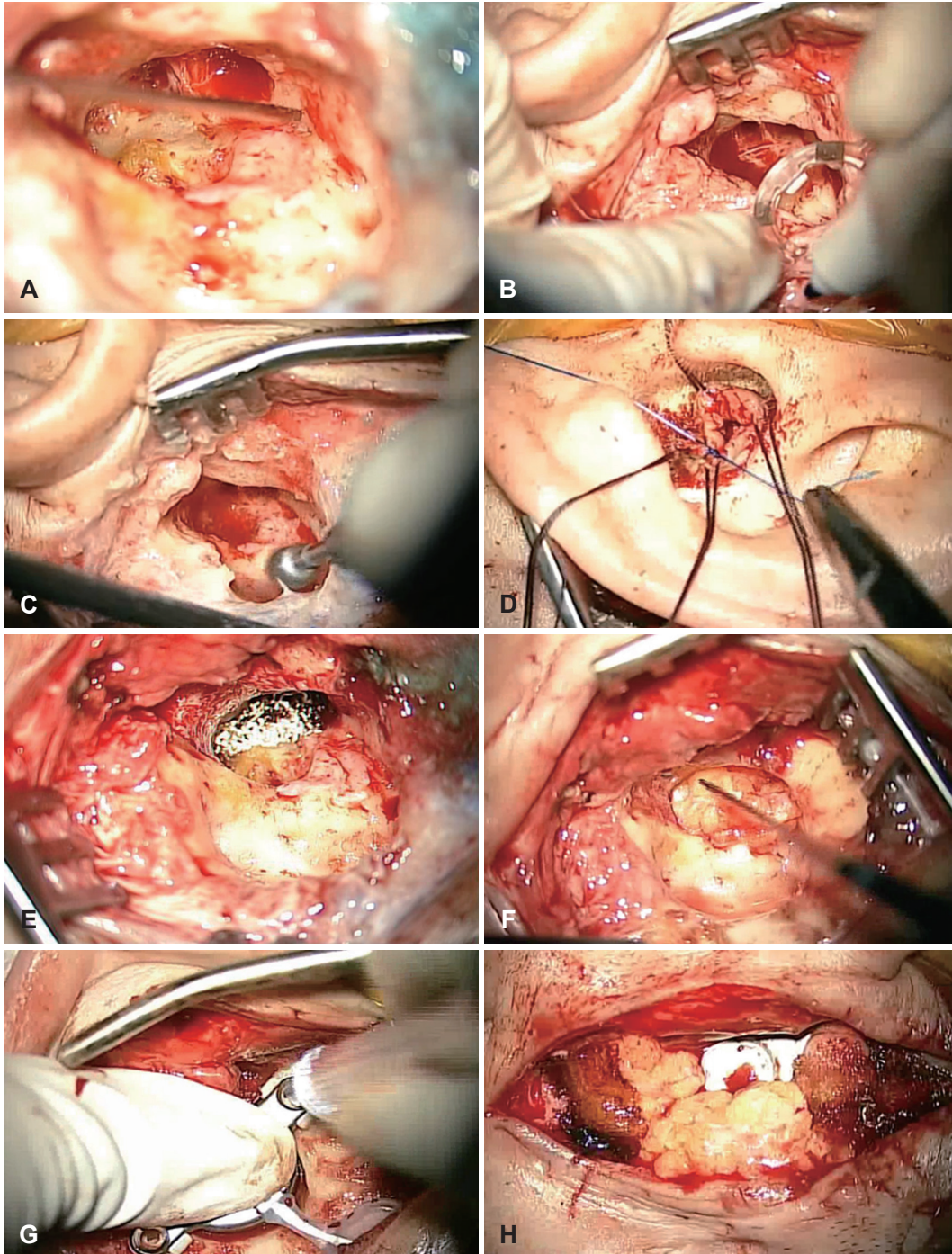
**Fig. 2.** Axial (A) and coronal (B) cuts of patient's temporal bone CT scan show a large mastoidectomy cavity without remaining ossicles, indicating that a canal wall down mastoidectomy has been performed previously on the left side. Ossification of the cochlea is also observed in the left ear.



은 청각 재활 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

BC-FMT의 수술 중 위치에 대해 유양 돌기에 BC-FMT를 위치시키기 어려운 경우 구불정맥후부(retrosgmoid)에 위치시키거나 중두개저(middle fossa)에 위치시키는 방법이

소개된 바 있으나,<sup>11,12)</sup> 본 증례에서는 BC-FMT를 제거된 유양돌기 공동에 위치시킨 후 최근 발매된 Lifter system을 통해 BC-FMT의 높이를 조절하여 고정시킴으로써 다른 부위의 드릴링 없이 이 문제를 해결할 수 있었다.<sup>13)</sup>



**Fig. 3.** Surgical procedure of single-staged operation of Bonebridge™ and subtotal petrosectomy. Removal of the air cells and mucosal tissues in the middle ear and mastoid cavity (A). Using a Sizer to mark the BC-FMT space (B). Additional drilling of mastoid cortical bone for BC-FMT (C). Closure of the external auditory canal (D). Obliteration of the Eustachian tube using harvested conchal cartilage, fat and muscle (E). Obliteration of tympanomastoid cavity using abdominal fat (F). Insertion of the BC-FMT. The level of the BC-FMT was adjusted by implant lifts (anterior side; 1 mm lift, posterior side; 2 mm lift) (G). Obliteration of the remaining space with abdominal fat (H). BC-FMT: bone conduction floating mass.

본 증례의 환자는 와우 골화로 인해 인공와우 이식술 시행이 불가능했던 경우로, 추체아전절제술과 Bonebridge™를 동시에 시행하여 만성중이염을 근치하고 청각재활을 효과적으로 시행하였다. 따라서 본 수술 방법은 일측성 난청이 동반된 만성 중이염 환자 중 인공와우 이식술이 불가능한 경

우, 청각 재활과 중이염의 근본적인 치료 모두를 동시에 해결할 수 있는 좋은 대안이 될 수 있을 것으로 생각되어 문헌 고찰과 함께 보고하는 바이다.

## Acknowledgments

None.

## Author Contribution

Conceptualization: Shi Nae Park. Writing—original draft: Jae Sang Han, Jung Mee Park, Yun Jin Kang. Writing—review & editing: Shi Nae Park.

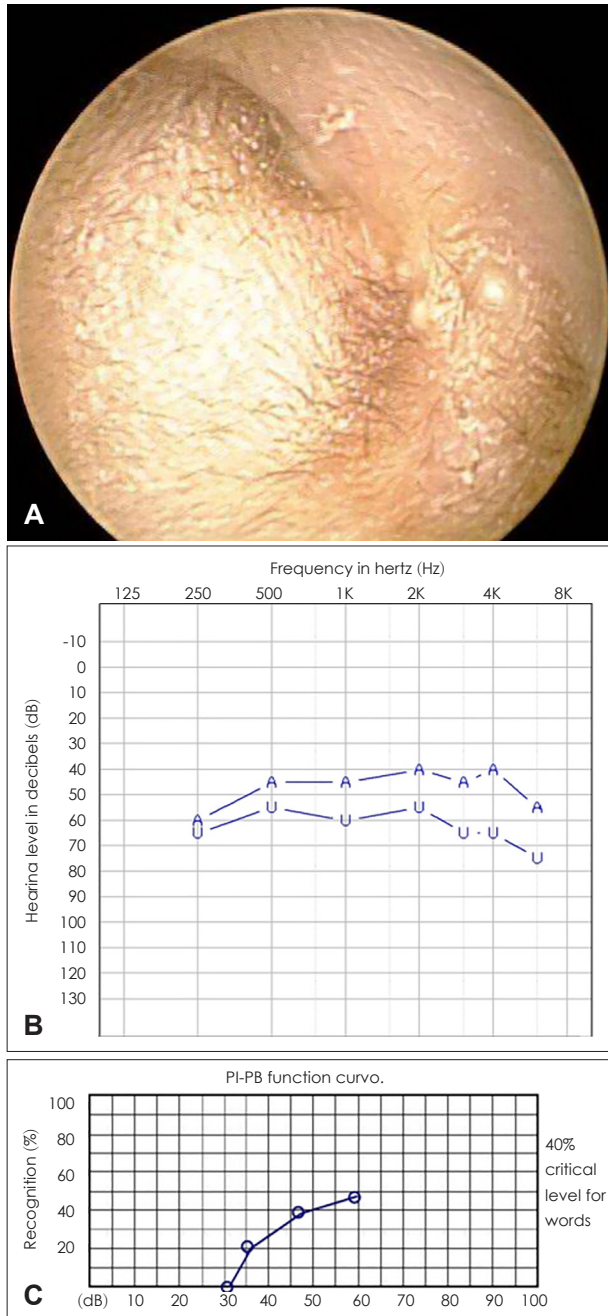
## ORCID

Shi Nae Park

<https://orcid.org/0000-0002-7614-9413>

## REFERENCES

- 1) Fisch U, Mattox D. Microsurgery of the skull base. New York, NY: Georg Thieme Verlag;1988.
- 2) Prasad SC, Roustan V, Piras G, Caruso A, Lauda L, Sanna M. Subtotal petrosectomy: Surgical technique, indications, outcomes, and comprehensive review of literature. *Laryngoscope* 2017;127(12):2833-42.
- 3) Bendet E, Cerenko D, Linder TE, Fisch U. Cochlear implantation after subtotal petrosectomies. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 1998;255(4):169-74.
- 4) Issing PR, Schönermark MP, Winkelmann S, Kempf HG, Ernst A. Cochlear implantation in patients with chronic otitis: Indications for subtotal petrosectomy and obliteration of the middle ear. *Skull Base Surg* 1998;8(3):127-31.
- 5) Jeong CY, Kong JS, Seo JH, Park KH, Jun BC, Yeo SW, et al. Cochlear implantation after subtotal petrosectomy in patients with chronic otitis media. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 2016;59(9):643-8.
- 6) Linder T, Schlegel C, DeMin N, van der Westhuizen S. Active middle ear implants in patients undergoing subtotal petrosectomy: New application for the Vibrant Soundbridge device and its implication for lateral cranium base surgery. *Otol Neurotol* 2009;30(1):41-7.
- 7) Bishop CE, Eby TL. The current status of audiological rehabilitation for profound unilateral sensorineural hearing loss. *Laryngoscope* 2010;120(3):552-6.
- 8) Magele A, Schoerg P, Stanek B, Gradl B, Sprinzl GM. Active transcutaneous bone conduction hearing implants: Systematic review and meta-analysis. *PLoS One* 2019;14(9):e0221484.
- 9) Magliulo G, Turchetta R, Iannella G, Valperga di Masino R, de Vincentiis M. Sophono Alpha System and subtotal petrosectomy with external auditory canal blind sac closure. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2015;272(9):2183-90.
- 10) Zernotti ME, Di Gregorio MF, Galeazzi P, Tabernero P. Comparative outcomes of active and passive hearing devices by transcutaneous bone conduction. *Acta Otolaryngol* 2016;136(6):556-8.
- 11) Lassaletta L, Sanchez-Cuadrado I, Muñoz E, Gavilan J. Retrosigmoid implantation of an active bone conduction stimulator in a patient with chronic otitis media. *Auris Nasus Larynx* 2014;41(1):84-7.
- 12) You P, Siegel LH, Kassam Z, Hebb M, Parnes L, Ladak HM, et al. The middle fossa approach with self-drilling screws: A novel technique for BONEBRIDGE implantation. *J Otolaryngol Head Neck Surg* 2019;48(1):35.
- 13) Reinfeldt S, Håkansson B, Taghavi H, Eeg-Olofsson M. New developments in bone-conduction hearing implants: A review. *Med Devices (Auckl)* 2015;8:79-93.



**Fig. 4.** Postoperative states at 6 months follow-up visit. Oto-endoscopic image shows the state of the obliterated external auditory canal without any complications (A). The aided sound field test shows 42.5 dB threshold in the pure tone audiometry test (B) and 48% of word recognition score (C), which indicate sufficient hearing gain on the left ear. A: aided, U: un-aided.