

Hearing Rehabilitation with Sophono[®] in Patients with Unilateral Hearing Loss after Meningioma Removal

Min Seok Rha¹, Se Won Jeong², Young Wook Seo¹, and In Seok Moon¹

¹Department of Otorhinolaryngology, Yonsei University College of Medicine, Seoul; and

²Department of Otorhinolaryngology, National Health Insurance Service Ilsan Hospital, Goyang, Korea

뇌 수막종 제거 후 발생한 일측성 난청에서 Sophono[®]를 이용한 청각재활 1예

나민석¹ · 정세원² · 서영욱¹ · 문인석¹

연세대학교 의과대학 이비인후과학교실, ¹ 국민건강보험 일산병원 이비인후과²

Received December 31, 2014

Revised February 6, 2015

Accepted February 24, 2015

Address for correspondence

In Seok Moon, MD, PhD

Department of Otorhinolaryngology,

Yonsei University

College of Medicine,

50-1 Yonsei-ro, Seodaemun-gu,

Seoul 120-752, Korea

Tel +82-2-2228-3627

Fax +82-2-393-0580

E-mail ismoonmd@yuhs.ac

Various bone conduction hearing aids have been widely used to improve hearing function for the last 30 years. Sophono[®], a newly introduced device without percutaneous abutment, improved disadvantages of previously used bone conduction hearing aids. Recently, we experienced a case of Sophono[®] implantation in a patient presenting with mixed hearing loss followed by tumor surgery. The patient gained air conduction threshold of 60 dB HL compared to preoperative pure tone audiogram and a speech discrimination test in noisy environment showed improved results. Furthermore, the patient has had no cutaneous complications since implantation. The results of this case demonstrate the feasibility of implanting Sophono[®] in patients similar to this case. Considering its advantages of MRI compatibility and non-invasive surgery, as well as esthetical benefit, Sophono[®] implantation could be a preferable option for hearing rehabilitation.

Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2015;58(7):514-9

Key Words Bone conduction hearing aids · Hearing rehabilitation · Sophono.

서 론

골전도 보청기(bone conduction hearing aids, BCHA)는 30여 년 전부터 청각재활에 이용되어 왔고¹⁾ 선천성 외이기형, 만성 화농성 중이염, 만성 외이도염, 일측성 고도난청, 일측성 혼합성 난청이 있는 환자나 고식적인 보청기 사용이 실패한 환자에게 사용을 고려할 수 있는 것으로 알려져 있다.^{2,3)} 기본적으로 골유착성 임플란트(osseointegrated implant)를 거쳐 골전도를 통해 소리를 전달하는 원리이며 이를 이용한 청각 개선으로 환자의 삶의 질을 높였다. 기존에 사용되던 골전도 보청기로는, 헤드밴드 등을 이용하여 피부 위에 진동기(vibrator)를 압박해서 위치시켜 소리에너지를 전도시키는 방식을 사용하던 고식적인 골전도 보청기(conventional BCHA), 피부를 통과하여(percutaneous) 측두골에 고정되어 있는 부착물

(abutment)을 통해 소리 전도가 일어나는 BAHA(Cochlear BAS, Molnlycke, Sweden) 등이 있었다.^{2,3)} 하지만 헤드밴드를 이용한 장치는 압박에 의한 피부 합병증, BAHA의 경우에도 통피적 부착물로 인해 발생하는 미용적인 문제, 염증 및 피부 합병증 등이 문제점으로 제기되었다.²⁻⁵⁾

최근 국내에 소개된 새로운 경피적 골전도 보청기는 2006년 독일의 Dr. Siegert가 고안하여 Sophono[®] Alpha 2 MPO™(Sophono, Inc., Boulder, CO, USA)의 상품으로 개발되었고 기존의 사용되던 골도 보청기들이 가지고 있던 단점들이 일부 개선되었다. 미국에서는 2011년에 FDA 승인을 받았고 이미 유럽에서 100명 이상의 환자에서 사용되었으며 국내에서는 2013년 9월 10일에 승인되었다.^{2,6)} 저자들은 뇌 수막종 제거 수술 후 발생한 일측성 고도 난청 환자에서 Sophono[®] 이식을 통해 청각 재활을 시행한 증례를 경험하여 보고하고자 한다.

증 례

47세 남자 환자가 타 병원에서 우측 중이염으로 유양동 절제술 및 고실성형술을 시행받았고 당시 뇌 수막종(meningioma) 침범 소견이 관찰되었다. 이로 인해 중이 수술 후 Cyberknife 수술을 받았고 술 후 2년째 정기검사에서 재발 소견을 보여 본원 내원하였다. 순음청력검사에서 우측 65 dB HL의 기도청력 역치와 기도-골도 차 40 dB HL의 전도성 난청 소견을 보였고(Fig. 1A) 자기공명영상 검사에서 종양이 우측 측두골, 측두하와(infratemporal fossa), 접형동, 접형골(sphenoid bone), 삼차신경관(Meckel's cave), 중두개와(middle cranial fossa)에 걸쳐 있는 양상이었으며(Fig. 2A) 측두골 전산화단

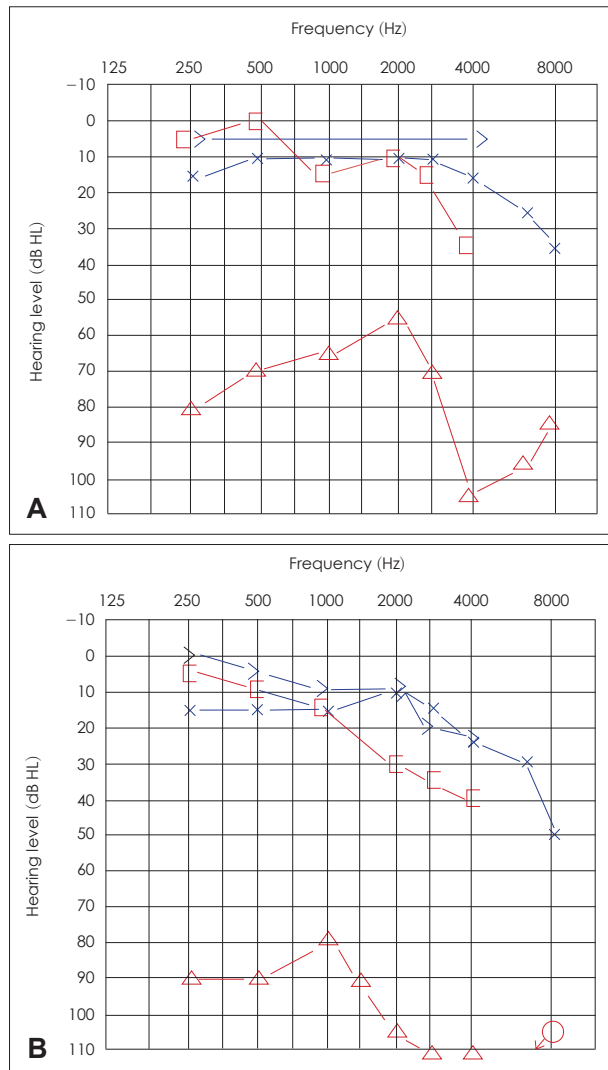


Fig. 1. Pure tone threshold before and after tumor removal. Preoperative PTA for the right ear shows conductive hearing loss with an average air conduction threshold of 65 dB (A). Pure tone audiogram at 5 years after tumor surgery. Air conduction threshold was worsened because of external auditory canal closure during surgery (B). PTA: pure tone audiogram.

층촬영에서 측두골, 접형골의 과골증(hyperostosis) 소견이 관찰되었다(Fig. 2B). 측두하와 접근법을 통해서 종양 절제술을 시행받았고 조직병리검사 결과, 뇌 수막종으로 보고되었다. 수술 후 우측 삼차신경관 주변에 잔존 종양이 발생하였다. 수술 후 5년에 걸친 자기공명영상 추적관찰 상으로는 우

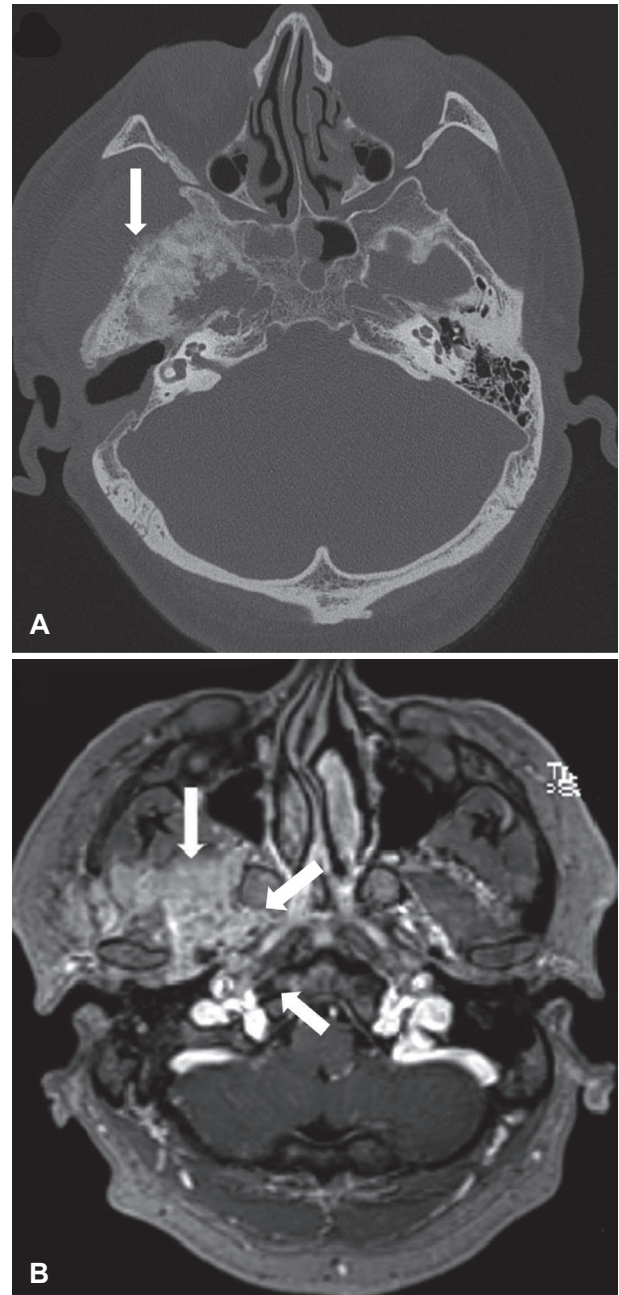


Fig. 2. Preoperative images. Preoperative temporal bone CT shows hyperostosis (marked arrow) involving temporal and sphenoid bone probably due to meningioma (A). Preoperative axial view of T1-Gadolinium enhanced MRI shows enhancing lesions (marked arrows) involving right temporal bone, infratemporal fossa, right sphenoid sinus/bone, right Meckel's cave, right masticator space, right orbit, and right middle cranial fossa, suggestive of meningioma (B).

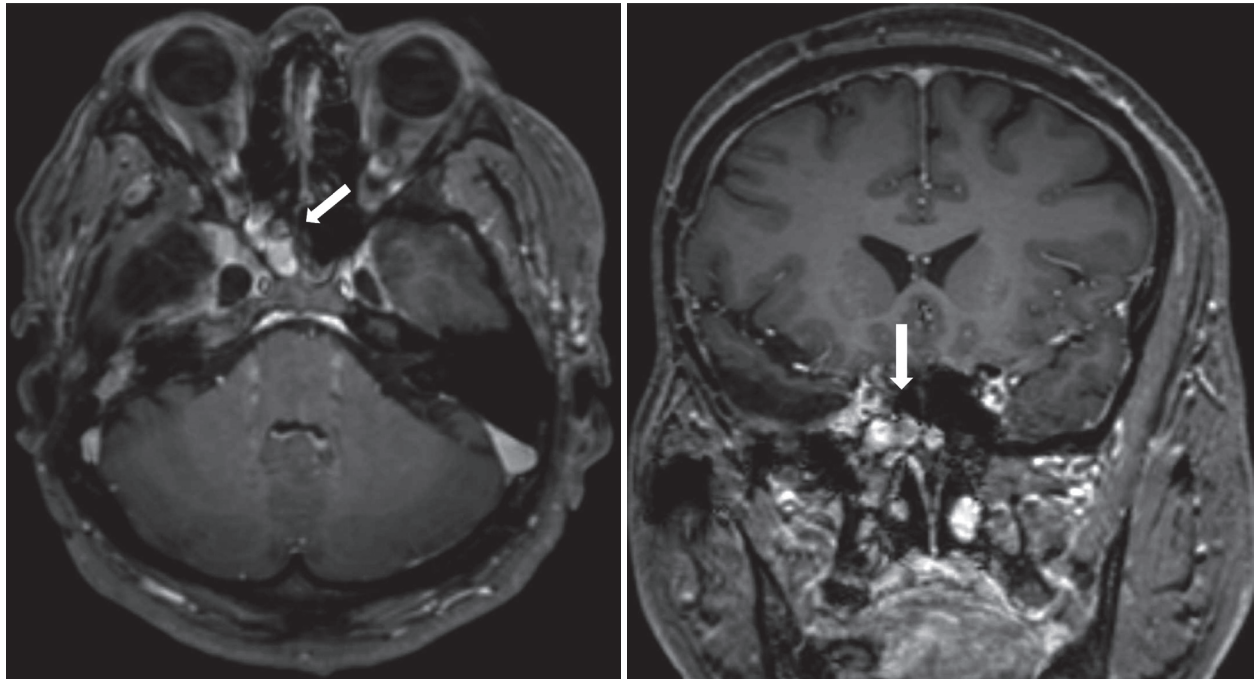


Fig. 3. MRI at 5 years after tumor surgery (T1-Gadolinium enhanced axial & coronal). Axial & coronal view of T1-Gadolinium enhanced MRI at 5 yrs after tumor surgery show residual meningioma (marked arrows) involving right Meckel's cave, right sphenoid bone, and right temporal dura. There has been no interval change of extent of disease since surgery.

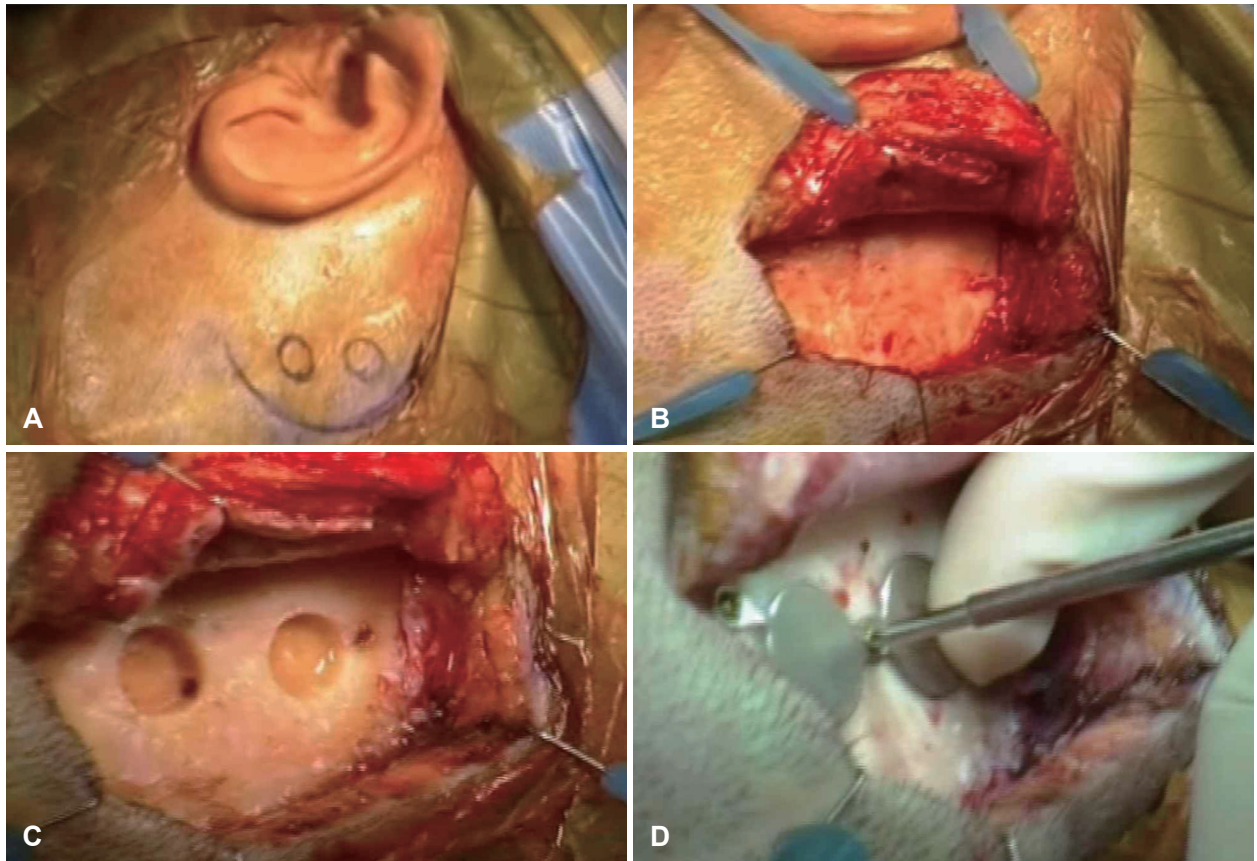


Fig. 4. Intraoperative photos. Incision line was marked 6 cm distant from the orifice of external auditory canal by using template (A). Subperiosteal flap was elevated (B). The bone was drilled for magnet insertion (C). The magnet implant was fixed by tightening screws in (D).

측 삼차신경관 주변에 잔존한 종양의 크기는 변화가 없었고 새롭게 발생한 병변 역시 관찰되지 않았다(Fig. 3). 수술 후 5년째 시행한 순음청력검사에서 기도 청력 역치가 90 dB HL으로 악화되었고 기도-골도 차 역시 증가하였다(Fig. 1B).

수술 후 점차 심화된 환자의 우측 전도성 난청에 대하여 Sophono® 이식을 통한 청력 개선을 계획하였다. 환자의 외이(auricle)의 후방 45° 방향으로 외이도 입구에서 6 cm 떨어진 위치에 형판(template)을 사용하여 절개 위치를 피부에 표시하였다. 골막층(periostrum)까지 절개를 시행하고 골막하 피판(subperiosteal flap)을 거상하였다. 그 후 2개의 내부 자석을 이식할 위치를 형판을 이용하여 표시한 후 1 mm 지름의 burr를 이용하여 2 mm 깊이로 drilling을 시행하였다. 이식할 자석의 위치를 다시 확인하고 5개의 나사를 이용하여 측두골에 내부 자석을 고정시킨 후에 상처 봉합을 시행하였다(Fig. 4).

Sophono® 이식 2개월 후 시행한 순음청력검사 상 우측 청력 역치 30 dB HL로 호전되었다(Fig. 5A). 또한, 소음 환경하 어음 인지력 검사(Hearing in noise test)에서 Sophono® 착용 시 종합적인 잡음 신호 비(signal to noise ratio)가 -1.1 dB에서 -2.9 dB로 약 16% 정도 향상된 문장인지능력을 보였다(Fig. 5B). Sophono® 이식 이후 6개월째 상처 및 피부 합병증 없이 외래 추적 관찰 중으로 개선된 청력 및 미용적인 우수성으로 인해 환자의 만족도는 높다.

고 찰

일측성 전도성 난청의 치료로는 보청기 착용, 이소골 성형술, 중이 이식술(middle ear implant), 골전도 보청기(BCHA) 등이 사용 가능하다. 본 증례에서는 수막종 수술로 인해 외이도의 폐쇄, 안면신경의 전위 등의 해부학적 구조의 변형 및 추후 자기공명영상 추적 관찰의 필요성이 있어 골전도 보청기만이 유일한 청력 개선 방법이었으며 술 후 5년간 잔존 종양의 재발 또는 재성장이 없어 수술의 가능시기로 판단하였다.

현재 사용되고 있는 이식형 골전도 보청기의 종류에는, 헤드밴드를 이용한 경피적 장치(transcutaneous aid system), 통피적 부착물(percutaneous abutment)과 외부 음파 발생기로 구성된 장치[BAHA(Cochlear BAS, Molnlycke, Sweden), Ponto (Oticon Medical, Askim, Sweden)], 내부 이식판과 외부 음파 발생기로 구성된 장치[Sophono Alpha System(Sophono, Inc., Boulder, CO, USA), BAHA 4 Attract System(Cochlear BAS, Molnlycke, Sweden)], 내부 자석과 외부 어음 처리기를 이용하여 두개골에서 내이로 골전도가 직접 일어나는 장치[Bonebridge (MED-EL Corp, Innsbruck, Austria)], 치아를 통해 골전도를 유발하는 장치[SoundBite(Sonitus Medical, San Mateo, CA, USA)], 침골의 장돌기, 가동성이 있는 등골, 난원창, 정원창에 부동 매스 트랜스듀서를 위치시킨 장치[Vibrant Soundbridge

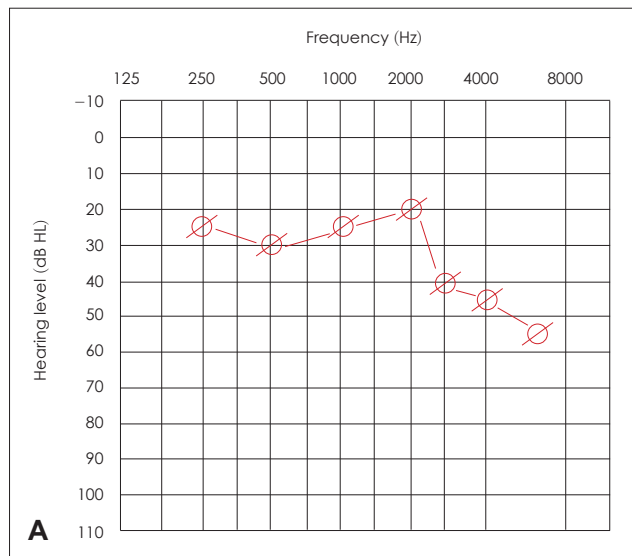


Fig. 5. Pure tone audiogram & Hearing in noise test (HINT) after Sophono® implantation. Pure tone audiogram at 2 months after Sophono® implantation shows improved result with an average air conduction threshold of 30 dB compared to previous PTA (A). In HINT, Signal to noise ratio (SNR) of 7.1 dB (=speech perception ability 64%) was improved with Sophono® when noise was given from contralateral side (N/L) and overall SNR was improved from -2.9 dB to -1.1 dB (=16% improvement in speech perception ability) (B). PTA: pure tone audiogram, RMS: root-mean-square.

Status	Localization	K-HINT				
		Quiet	N/F	N/R	N/L	N/C
Normal data	98%	dB	-3.5 SNR	-9.3 SNR	-8.9 SNR	-7.2 SNR
Unaided	76% (RMSError 77.94)	26.1 dB	-1.8 SNR	-4.7 SNR	4.2 SNR	-1.1 SNR
Aided (sophono)	80.5% (RMSError 63.24)	26.2 dB	-1.4 SNR	-6.1 SNR	-2.95 NR	-2.9 SNR

(MED-EL Corp, Innsbruck, Austria)] 등이 있다.³⁾

이 중에서 이번 증례에 사용된 Sophono[®]와 기존의 널리 사용되던 Cochlear BAHA와 같은 통피적 골전도 보청기(percutaneous BCHA)와의 가장 큰 차이점은 외부 장치(external processor)가 통피적 부착물이 없이 피부가 보존된 채로 자기장에 의해 유지되는 것이다. Sophono[®]는 외부에서 전달된 진동이 피부를 직접적으로 통과하여, 수술적으로 이식된 두 개의 자기장을 통해 전도된다. 이 때, 외부 장치와 피부 사이에 위치한 중간판(intermediary plate)을 통해 6종류의 자기장의 세기를 조절할 수 있다.^{3,7)}

기존의 연구들에 의하면, Sophono[®] 이식 후에 이전과 비교했을 때 31~43 dB HL 정도의 다양한 수치의 청력 역치 개선이 보고되었다. O'Neil 등³⁾의 보고에 의하면 평균(표준편차)역치 개선이 39.9(12.4) dB HL로 나타났고, Seigert와 Kanderske⁸⁾의 결과에 의하면 31(8) dB HL의 개선을 보였다. 또한, 선천성 외이도 폐쇄증(congenital aural atresia)으로 인한 전도성 난청 환자 6명에서 Sophono[®] 이식의 효과를 살펴본 프랑스의 연구에 의하면 평균 역치 개선이 43(6.96) dB HL로 보고되었다.⁹⁾ 본 증례에서는 순음청력검사에서 90 dB HL의 청력 역치가 30 dB HL로 60 dB HL 향상되었고 이것은 기존의 연구들에 비해서 좋은 청력 역치 개선 결과였다.

이에 대해서 저자들은 다음과 같은 고찰을 해보았다. 골전도 보청기는 주로 일측성 감각신경성 난청 환자 또는 선천성 외이도 폐쇄증 환자와 같은 전도성 난청 환자들에게 적용이 된다. 일측성 감각신경성 난청 환자에서는 반대측을 이용하여 듣기 때문에 반대측 청력이 정상이라고 하여도 30~40 dB HL의 이간 감쇠(interaural attenuation)로 인해 최대 40~50 dB HL의 청력 역치가 나오는 것에 비해, 본 증례에서는 환측의 골도 청력 역치가 거의 정상 범위에 있기 때문에 그들에 비해 더 좋은 청력 역치 개선 결과를 보였을 가능성이 있다. 한편, 선천성 외이도 폐쇄증 같은 전도성 난청 환자의 경우는 골도 청력 역치는 정상이지만 본 증례의 환자와는 다르게 외이도가 완전히 막혀 있지 않거나 이소골이 어느 정도 남아 있다면 수술 전 기도 골도 차가 더 작았을 것이다. 따라서, 본 증례의 환자는 수술 전 기도 청력이 더 좋지 않아서 개선되는 폭이 더 클 수 있고 반대로 Sophono[®] 이식 후 진동 시에 외이도 등을 통해 빠져나가는 손실이 적을 수 있다. 이러한 점들을 보다 좋은 청력 개선 결과의 원인으로 고려해볼 수 있을 것이다.

반면, 6명의 Sophono[®] 이식을 시행한 환자와 6명의 BAHA 이식을 시행한 환자를 비교한 네덜란드의 연구에서는, 고주파수에서 BAHA 이식군이 Sophono[®] 이식군에 비해 5~10 dB HL 정도 더 높은 청력 역치 개선값을 가진다고 보고하였다.⁷⁾ 덧붙여, 두개골 자극기(skull simulator)를 이용하여 측정된 두

장치의 출력 값의 비교에서도 BAHA가 Sophono[®]에 비해 10 dB HL 정도 더 높은 값을 가졌다. 장기간 및 대단위 연구를 통해 Sophono[®]와 다른 장치들의 청력 개선 정도에 대한 비교 분석이 필요할 것으로 사료된다.

한편, 본 증례의 환자는 잔존 종양에 대해서 지속적인 자기 공명영상 추적 검사가 필요한 상황이었다. Sophono[®] 내부 장치의 자석은 상자성체인 티타늄으로 싸여져 있어 외부 장치를 탈착한 후에 조건적으로 자기공명영상을 촬영할 수 있다. 2013년 4월, 미식품의약국(FDA)으로부터 Sophono[®]는 3-Tesla 이하의 자기장에서 사용 가능한 것으로 분류되었다.¹⁰⁾ 물론, 자기 공명영상에서 Sophono[®] 내부장치에 의한 이미지 허상(image artifact)이 존재할 수 있고, 아직 이에 대한 연구는 미비한 실정이지만 3 tesla의 경사 에코(gradient echo)를 사용한 비임상적인 실험에서 이미지 허상의 크기는 이식물의 크기와 모양에 따라 최대 약 5 cm 정도까지 보고되었다.^{11,12)} Sophono[®]를 이용한 청각 재활 역시 어느 정도 발생 가능한 이미지 허상을 고려했을 때, 종양 감시(tumor surveillance) 측면에서 제한점을 보일 수 있지만 본 증례의 경우 종양 수술 후 약 5년 경과 후 어느 정도의 안정성이 담보된 상태에서 환자의 미용적 측면에 대한 요구와 종양 감시의 제한점 사이에서 최대한의 이득을 얻는 방향으로 이식장치를 선택하였다.

청각학적 재활만을 고려할 경우, 환자와 같이 내이 구조물과 등골이 잘 보존된 전음성 난청의 경우는 정원창 기법(round window technique)을 이용한 중이 이식술이 가장 좋을 것으로 사료된다.¹³⁾ 하지만 대상 증례의 경우는 이전의 수술로 외이도 및 중이강을 모두 폐쇄한 상태이며 안면신경이 노출되어 전위되어 있는 상태로 고식적 보청기 사용이 불가능하고, 이소골 성형술이나 중이 이식술시 안면신경의 손상 가능성이 높다. 또한 위에서도 언급하였듯이, 본 증례에서는 잔존 종양이 있어 자기공명영상을 이용하여 지속적으로 추적 관찰해야 하였고 이러한 점과 미용적 측면을 고려할 때 Sophono[®], BAHA Attract, Bonebridge 등의 경피적 골전도 보청기(transcutaneous BCHA)가 적합하다고 판단하였다. 그리하여, 수술 당시 국내 시술 허가를 득한 Sophono[®]를 이용하여 성공적인 청각재활을 시행하였다. 청력 개선의 효과와 미용적인 장점, 사용의 용이성을 고려해 본다면 추후에도 비슷한 유형, 즉 두개저 종양 및 측두골 악성 종양 등으로 발생한 일측성(감각신경성 및 전도성) 난청에 Sophono[®] 이식이 좋은 청각재활방법이 될 것으로 판단된다.

Acknowledgments

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIP) (2014 R1A1A2058141).

REFERENCES

- 1) Tjellström A, Håkansson B. The bone-anchored hearing aid. Design principles, indications, and long-term clinical results. *Otolaryngol Clin North Am* 1995;28(1):53-72.
- 2) Siegert R. Partially implantable bone conduction hearing aids without a percutaneous abutment (Otomag): technique and preliminary clinical results. *Adv Otorhinolaryngol* 2011;71:41-6.
- 3) O'Neil MB, Runge CL, Friedland DR, Kerschner JE. Patient outcomes in magnet-based implantable auditory assist devices. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg* 2014 Apr 24 [Epub]. <http://dx.doi.org/10.1001/jamaoto.2014.484>.
- 4) McDermott AL, Sheehan P. Bone anchored hearing aids in children. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2009;17(6):488-93.
- 5) Håkansson B. The future of bone conduction hearing devices. *Adv Otorhinolaryngol* 2011;71:140-52.
- 6) Siegert R. [Magnetic coupling of partially implantable bone conduction hearing aids without open implants]. *Laryngorhinootologie* 2010;89(6):346-51.
- 7) Hol MK, Nelissen RC, Agterberg MJ, Cremers CW, Snik AF. Comparison between a new implantable transcutaneous bone conductor and percutaneous bone-conduction hearing implant. *Otol Neurotol* 2013;34(6):1071-5.
- 8) Siegert R, Kanderske J. A new semi-implantable transcutaneous bone conduction device: clinical, surgical, and audiologic outcomes in patients with congenital ear canal atresia. *Otol Neurotol* 2013;34(5):927-34.
- 9) Denoyelle F, Le Boulanger N, Coudert C, Mazzaschi O, Loundon N, Vicaud E, et al. New closed skin bone-anchored implant: preliminary results in 6 children with ear atresia. *Otol Neurotol* 2013;34(2):275-81.
- 10) Azadarmaki R, Tubbs R, Chen DA, Shellock FG. MRI information for commonly used otologic implants: review and update. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2014;150(4):512-9.
- 11) Magliulo G, Turchetta R, Iannella G, di Masino RV, de Vincentiis M. Sophono Alpha System and subtotal petrosectomy with external auditory canal blind sac closure. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2014 Jun 8 [Epub]. <http://dx.doi.org/10.1007/s00405-014-3123-2>.
- 12) Nospes S, Mann W, Keilmann A. [Magnetic resonance imaging in patients with magnetic hearing implants: overview and procedural management]. *Radiologie* 2013;53(11):1026-32.
- 13) Luers JC, Hüttenbrink KB, Zahnert T, Bornitz M, Beutner D. Vibroplasty for mixed and conductive hearing loss. *Otol Neurotol* 2013;34(6):1005-12.