

## BAHA (Bone Anchored Hearing Aid) 시술 경험

연세대학교 의과대학 이비인후과학교실,<sup>1</sup> 서울적십자병원<sup>2</sup>  
이호기<sup>1\*</sup> · 김인섭<sup>2\*</sup> · 송미현<sup>1</sup> · 이원상<sup>1</sup>

### Experience of BAHA (Bone Anchored Hearing Aid) Surgery

Ho-Ki Lee, MD<sup>1\*</sup>, In Sup Kim, MD<sup>2\*</sup>, Mee Hyun Song, MD<sup>1</sup> and Won-Sang Lee, MD<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Otorhinolaryngology, Yonsei University College of Medicine, Seoul; and <sup>2</sup>Seoul Red Cross Hospital, Seoul, Korea

#### ABSTRACT

For auditory rehabilitation in patients with hearing loss, air conduction hearing aids are primarily considered. However, when applying to patients with congenital atresia or chronic ear infection, limitations are expected and conventional bone conduction hearing aids may be used in these cases. Nevertheless, since bone conduction hearing aids also were found to have a number of drawbacks such as poor sound quality, high battery consumption, poor aesthetics, and headache by the pressure from the device against the skull, the bone anchored hearing aid (BAHA) has been introduced as an effective means to overcome such limitations. Whereas traditional bone conductors are transcutaneous and they works by exerting pressure against the skull, BAHA works percutaneously. Three cases of BAHA insertion surgery are presented along with the indications and surgical methods of BAHA surgery. (Korean J Otolaryngol 2007;50:369-72)

KEY WORDS : Hearing aid · Bone conduction · Surgery.

## 서 론

중이염을 치료하는 데 있어 염종의 완전제거와 청력의 회복은 중이염 치료의 원칙이다. 하지만 지속적인 이루를 가진 환자나 보청기의 외이도 자극 및 폐쇄 효과 등은 기도 보청기의 사용에 있어서 제한점을 나타냈으며, 이를 극복하기 위해 골도 보청기가 개발되어 사용되어왔다. 그러나 전통적 골도 보청기 역시 여러 가지 한계점이 있으며, 여기에는 기계장착에 따른 압박으로 환자의 불편감을 유발하는 것과 피부에 직접 부착하므로 소리전달을 피부가 방해함으로써 소리의 질이 떨어지고 외부적으로 노출이 심하다는 단점들이 있다. 전도성 난청환자의 재활목적으로 1977년 스웨덴에서는 골융합(osseointegration)을 이용한 새로운 개념의 BAHA (Bone Anchored Hearing Aid)가 개발되었으며, 현재까지 15,000명 이상이 전세계적으로 사용하면서 점차 적용되는 영역이 확장되고 있다.

저자들은 최근 BAHA를 시술한 경험을 바탕으로 문헌고찰과 함께 BAHA의 적응증과 수술적 경험을 기술하려 한다.

## 수술 방법과 치료 계획

수술 과정에서의 원칙은 두개골에 삽입 시 최소한의 손상을 주면서 주위 연조직은 최대한 제거해주고, 부분피부이식은 적당하게 고정물(fixture)과 접합부(abutment)를 감싸야 한다. 먼저 귀 뒤 5~5.5 cm 뒤에 BAHA를 삽입할 곳에 Gentian violet으로 표시한 뒤 국소마취제로 마취를 한다. 하방에 기저를 둔(inferiorly-based) 0.6 mm 두께의 부분피부이식 피판을 더마톰(Dermatome, Entific Medical Systems, Gothenburg, Sweden)으로 먼저 확보한 뒤 부분피부이식 아래의 모든 피하조직은 충분히 제거하고 골막만 남긴다(Fig. 1A). 이미 표시한 지점에서 드릴링을 하는데 깊이는 3~4 mm 깊이로 할 수 있으며, 충분한 두께의 두개골이라면 4 mm 깊이로 먼저 드릴링을 시행한 후, 카운터싱크(countersink)를 장착하고 드릴을 하여, 이미 뚫어놓은 구멍을 4 mm 너비로 넓혀 준다. 이때, 충분한 생리식염수 세척으로 드릴 시에 두개골에 열손상을 입히지 않도록 한다. 만약 두개골에 열손상이 발생하면, 이는 후에 골융

\*두 저자는 본 논문에 동일하게 기여하였음.

논문접수일 : 2006년 6월 22일 / 심사완료일 : 2007년 1월 15일

교신저자 : 이원상, 120-752 서울 서대문구 신촌동 134

연세대학교 의과대학 이비인후과학교실

전화 : (02) 2228-3606 · 전송 : (02) 393-0580

E-mail : wsleemd@yumc.yonsei.ac.kr

합을 방해하고, 이식물(implant) 주위의 섬유성 조직을 형성하게 한다. 카운터싱크는 끝이 날카롭지 않아서 뇌경막이나 S상정맥동의 손상을 주지 않는다. 예전에는 스크루를 미리 두개골에 삽입하여 고정물을 삽입할 길을 확보한 후 고정물을 삽입했으나,<sup>1)</sup> 최근에는 고정물 자체가 두개골로 삽입되면서 주위 골조직과 나뉘므로 연결되므로 고정물 위에 미리 접합부를 끼운 뒤 이를 미리 뚫어 놓은 구멍에 삽입할 수 있다(Fig. 1B). 접합부를 장착한 고정물이 두개골에 삽입되고 나면 미리 만들어 놓은 부분피부이식조직에서 접합부가 밖으로 돌출될 수 있게끔 다시 구멍을 뚫는데, 이는 4 mm 생검펀치(biopsy punch)를 사용한다. 제대로 접합부를 장착한 고정물이 삽입되면 부분피부이식을 주위 조직과 봉합 후 압박드레싱을 시행한다(Fig. 1C).

BAHA는 미용적인 목적으로 귀 뒤에 고정물과 접합부를 삽입하고 나중에 사운드 프로세서(sound processor)를 접합부 위에 고정함으로써 소리를 증폭시킬 수 있다. 성인인 경우, 한번에 고정물과 접합부 모두를 국소마취하에서도 간단하게 고정할 수도 있지만, 소아인 경우는 일단 일차수술에서 고정물만 고정하고 6개월간의 골융합이 일어난 후 다시 접합부를 고정시키는 이차수술을 하게 된다.<sup>2)</sup> 수술 후 압박붕대로 간단히 드레싱한 것은 다음날 외래에서 제거하고 술후 10일에서 14일에 봉합사를 제거한다. 환자로 하여금 설치된 접합부 주위 피부는 매일 깨끗하게 관리하게 하면서 3개월간의 골융합이 지난 후 사운드 프로세서를 접합부 위에 끼우면 BAHA 설치가 완료된다.

## 증 례

### 증 례 1 :

14세 남자환자로 태어날 때부터의 양측 선천성 외이기형으로 내원하였다. 내원 당시의 청력은 기도청력이 우측 50 dB, 좌측이 55 dB, 골도청력은 양측 모두 정상 범위였다. 측두골 전산단층촬영에서도 중이 내에 이소골의 변형을 보였다. 환자는 과거 두 차례의 좌측 외이도 성형술을 시행 받았으나, 외이도 협착이 관찰되었으며 우측 또한 협착이 있었다. 다시 외이도 성형술 고려 중에 보호자가 보청기를 원해 BAHA 수술을 시행하였다. 환자는 수술 시행 후 12일경에 외래에서 봉합사를 제거하였다. 수술 후 5개월째 외래 내원하여 사운드 프로세서를 장착 후 청력검사를 실시하였다(Fig. 2). BAHA를 사용하는 상태에서 순음 청력 역치는 22 dB이었으며, 어음판별치는 96%였다.

### 증 례 2 :

9세 남자 환자로 우측 선천성 외이폐쇄와 좌측 유착성 중이염으로 내원하였다. 환자는 좌측 유착성 중이염으로 총 4차례의 환기관 삽입술을 시행 받았으며 측두골 전산단층촬영에서도 우측 중이 내에 이소골의 변형을 보였다. 외래에서 시행한 청력검사에서 기도청력이 우측과 좌측이 각각 95 dB, 70 dB이었으며, 골도 청력은 우측과 좌측이 모두 40 dB이었다(Fig. 3A). 우측의 기형 정도는 Jahrsdoerfer's 점수상 6점으로 평가되어 외이도 및 중이의 재건술 후에도

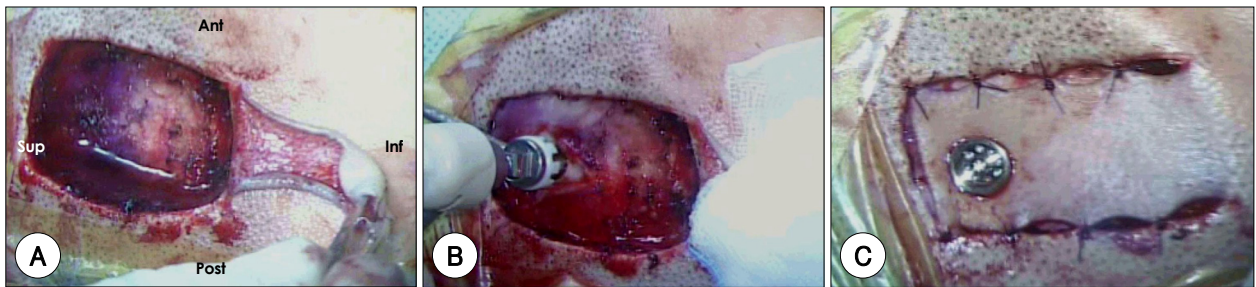


Fig. 1. Operating procedure on right ear. A : All subcutaneous tissue must be removed under the skin flap. B : The fixture is installed with the abutment inserter. It is carried out under abundant irrigation. C : The skin flap is placed over the abutment. Ant : anterior, Post : posterior, Sup : superior, Inf : inferior.

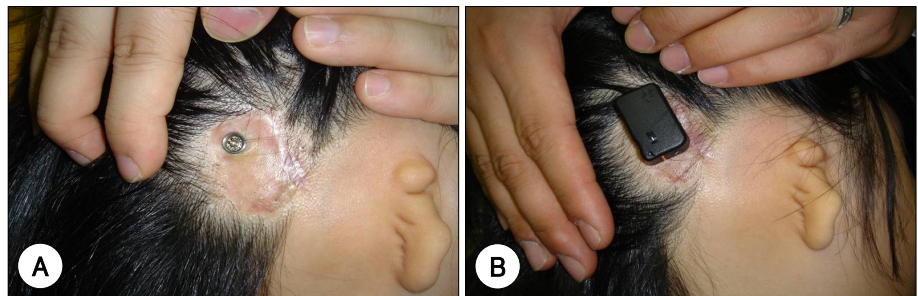
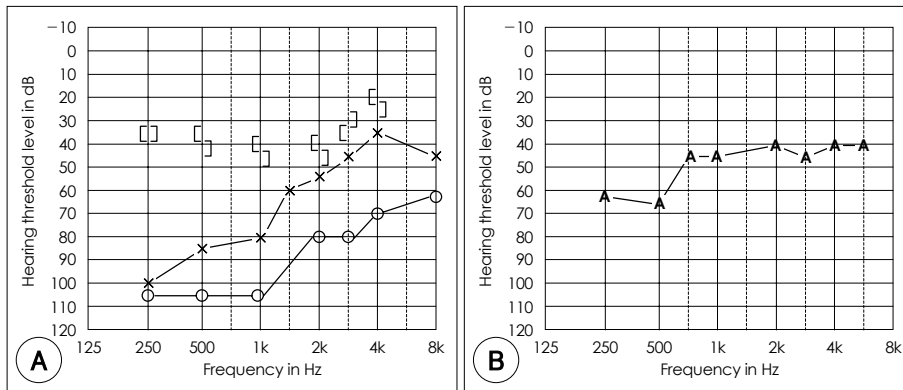


Fig. 2. Postoperative 5 months photography of BAHA in place. A and B : Pre and post-inserted speech processor.



**Fig. 3.** Pure tone audiogram of a 9 year-old patient (case 2) who was diagnosed with congenital aural atresia on the right side and adhesive otitis media on the left side. A : Preoperative audiogram. B : Aided audiogram after insertion of speech processor.

청력 개선의 효과가 떨어질 것으로 예상되었고 안면신경 주행이 심하게 변형되어 있어 안면마비 등의 합병증의 위험성이 높은 것을 감안하여 우측 BAHA 삽입수술을 시행하였다. 먼저 일차수술에서 고정물(fixture)을 삽입하고 6개월 후에 이차수술을 시행하여 접합부(abutment)를 연결하였다. 사운드 프로세서 장착 후 시행한 청력검사에서는 역치는 48 dB이며 어음판별치는 78%였다(Fig. 3B).

증례 3 :

54세 남자환자로 과거력상 만성중이염으로 타 병원에서 좌측 개방형 유양돌기절제술을 포함해 모두 3차례의 귀 수술을 시행한 이후 청력이 소실되어 본원으로 전원되었다. 내원 당시의 청력은 기도청력이 우측은 35 dB, 수술을 시행한 좌측은 농 상태였다. 우측의 기도-골도 청력 역치의 차이는 없었다. 좌측의 고막 소견은 공동개방술 상태에서 유착된 고막을 확인할 수 있었다. 환자에게 일측성 감각신경성 난청 환자에서의 BAHA 시술 효과에 대하여 설명한 후 수술을 시행하였다. 수술 후 환자는 소리의 방향성이나 난청 측으로부터의 소리의 인지에 있어서 주관적으로 개선되었다고 보고하였다.

고찰

골전도를 통한 청력은 지난 세기 동안 여러 가지 이론이 발전되어 왔으며, 이를 통해 임상에 적용하려는 시도는 계속 이어져 왔다. Bekesy 등<sup>3)</sup>은 실험을 통해 기도와 골도를 통해 발생하는 기저막의 흥분은 차이가 없다고 주장하였으며, Tonndorf<sup>4)</sup>는 골도를 통한 소리전달과정에서의 3가지 모델을 제시하여 중이골과 내이액의 관성운동, 달팽이관으로의 압력전달, 외이나 중이를 통한 진동의 전달로 가설을 세웠다. BAHA는 이러한 소리전달에서 피부나 피하조직 없이 직접 골을 진동시켜 효율을 높이며, 환자에게는 편

안한 소리를 전달하는 데 목적이 있다. BAHA에서는 티타늄 고정물이 두개골 내에서의 골융합을 통해 직접 두개골을 진동시키는데, 이러한 골융합을 임상적으로 먼저 이용한 것은 치아가 없는 턱에서 구강 내에 설치하는 것이었으며,<sup>5)</sup> 이를 Tjellstrom 등이 구강 밖으로 설치함으로써 BAHA로 발전시켜왔다. 미국에서는 유럽보다 더 늦게 도입됨으로써 임상적으로는 1984년부터 시작되었다.<sup>6)</sup>

BAHA의 적응증을 보면, 우선 만성 귀 질환이 있는 환자로서 지속적인 이루가 있어 보청기 착용이 힘든 환자에게 우선적으로 BAHA를 착용할 수 있으며, 이루가 없었던 환자라도 기도형 보청기를 착용하고 나서 보청기 주형에 의한 자극으로 계속 문제가 되는 경우나 근치적 중이 수술 후 확장된 외이도로 인하여 보청기 주형에 의한 완전한 폐쇄가 힘들어 소리의 되울림이 유발되는 환자나 폐쇄효과로 인해 기도형 보청기의 효과가 상쇄되는 경우 고려할 수 있겠다. 외이의 선천적 기형이 있는 환자들에서는 청력 회복을 위한 중이 및 외이도 재건술을 시행하는 경우 일차 수술의 성공률이 50~60%로 보고되고 있으며 Jahrsdoerfer 점수가 6 이하이거나 기형의 정도가 심하거나 재수술인 경우에는 수술적 결과가 더 낮게 보고되는 것을 감안할 때 이러한 환자들에서는 조기에 BAHA를 고려하는 것이 더 안전하고 성공률을 높일 수 있는 방법일 것으로 사료된다.<sup>7-9)</sup> 또한 이경화증과 같이 기도-골도 청력 차이가 심한 환자에서 한쪽 귀의 수술 후 반대쪽 귀의 수술 위험도가 큰 경우에도 BAHA가 가장 많은 도움을 줄 수 있다. 2001년 미국 식품의약청에서는 양측의 BAHA를 승인했는데, 이는 임상적 경험상 주위 소음 속에서의 음의 인지도나 음원을 판단하는데 많은 효과가 있기 때문이다. 청각학적 기준을 보면, 골도 청력이 45 dB 이내인 경우(Classic 300 또는 Compact)나 65 dB 이내인 경우(Cordelle II)라야 하며 45 dB 이내인 경우는 이러한 보청기를 착용 후 80% 이상에서 만족감을 나타냈다는 보고도 있다.<sup>10)</sup> 이식물 착용 후 외부기

기의 종류에 따라, Classic 300과 Compact, Cordelle II로 나뉘지며, Classic 300보다 30% 작게 만들어진 것이 Compact 형이며, 기도 청력이 더욱 떨어져 있는 환자를 대상으로 몸에 보청기를 착용하면서 이식물과 연결되는 것이 Cordelle 형이다. 이는 Classic 형보다 저주파수에서는 10에서 15 dB, 고주파수에서는 5~7 dB 더 높은 출력을 보이며, 공명 주파수가 Classic 형인 경우는 1000 Hz이지만 Cordelle 형인 경우는 750 Hz이다. 나이에 따른 제한은 따로 없지만, 측두골의 발달 정도와 이식 시의 측두골의 두께가 기기의 안정성과 이탈 방지에 중요하고 기기의 관리에 있어서도 나이가 중요하기 때문에 아주 어린 나이에서는 제한이 있다. 대개 5세 이상에서 시도 되어지고 있으며 12세 미만인 경우는 이차수술을 통해 BAHA를 착용함으로써 골융합을 유도하는 시간을 확보할 수 있으며 성공률을 높일 수 있다.<sup>2)</sup> BAHA 수술은 정신질환이나 약물중독, 또는 지적 능력의 저하와 보호자 부재로 인한 기구의 적절한 관리가 힘든 환자에게는 금기이다.

최근 들어 역시 감소로 인한 청력의 향상, 머리 가림 효과의 감소, 소음에서의 청취력 증가, 그리고 음원의 방향성 인지의 향상 등의 양측 청력의 중요성이 강조되고 환자들의 청각 재활에 대한 기대 수준이 높아지면서 고도 이상의 일측성 감각신경성 난청인 환자에서도 일측 와우의 기능만으로도 이러한 양측 청력의 장점을 어느 정도 제공하고자 BAHA가 시행되고 있다. 2001년에 Vaneecloo 등<sup>11)</sup>이 일측성 감각신경성 난청 환자들을 대상으로 BAHA를 시행하여 소음 환경에서의 어음 인지도와 방향성이 향상됨을 보고한 이래로 이러한 환자에서의 BAHA 사용의 이득에 대한 보고들이 있어왔다. 비록 대부분의 연구에서 실제 객관적인 청력 결과에 있어서는 BAHA 사용 전과 후의 차이가 유의하게 나타나지는 않았으나 환자의 주관적인 청력 장애 정도와 삶의 질을 평가하는 설문지를 이용하는 조사에서는 좋은 결과를 보였고 약 80% 이상의 환자 만족도가 보고되고 있다.<sup>12,13)</sup> 본 연구에서 증례 3의 경우 일측의 와우가 전혀 기능이 없는 상태에서 BAHA의 장점과 한계점에 대하여 설명 후 환자 동의하에 수술을 진행하였던 경우로 이 환자 역시 수술 후에 머리 가림 효과로 인한 불편감이 많이 경감되었음을 보고하여 앞으로도 일측성 감각신경성 난청 환자에 있어서 BAHA 시술을 적극적으로 적용해 볼 수 있을 것으로 사료되었다.

수술방법은 1977년 이후 기관에 따라 많이 발달되어 왔지만, 결국 이식물을 고정하고, 매우 얇고, 머리카락이 없는 피부만을 그 위에 유지시켜 주위 연조직에 의한 감염을 방지하는 것이 목적이라고 할 수 있겠다.

BAHA 삽입 시 가장 심각한 합병증으로는, 두개골 내에 삽입된 고정물의 탈출이며, 이는 대개 소아에게서, 특히 선천적 기형을 가진 환자에게 많다. 원인은 골융합의 실패에 의한 탈출, 술후 관리소홀에 의한 위생적 문제, 직접적인 외상에 의한 것으로 보이며, 재이식에 의한 재삽입으로 문제를 해결할 수 있었다.<sup>14)</sup> 그 외 피부반응을 유발하여 이식물 주위 피부의 자극을 유발할 수 있으며, 특히 소아에게 많이 발생한다.<sup>15)</sup> 본 증례에서는 이러한 합병증은 관찰되지 않았다.

BAHA는 적응이 되는 환자에게 간단하게 시행할 수 있으며, 기능이 향상되고 편리하게 이용될 수 있어, 차츰 빈도가 많아질 것이라고 생각된다. 향후 더 많은 증례가 쌓인다면 다른 보청기와의 비교분석이 필요하리라 생각된다.

중심 단어 : 보청기 · 골전도 · 수술.

## REFERENCES

- 1) Tjellstrom A, Hakansson B, Granstrom G. Bone anchored hearing aids: Current status in adults and children. *Otolaryngol Clin North Am* 2001;34 (2):337-64.
- 2) Tjellstrom A. Osseointegration systems and their applications in the head and neck. *Adv Otolaryngol Head Neck Surg* 1989;3:39-70.
- 3) von Bekesy. *Experiments in hearing*. New York. McGraw-Hill; 1960.
- 4) Tonndorf J. Bone conduction. *Studies in experimental animals. Acta Otolaryngol* 1966;Suppl 213:1-132.
- 5) Branemark PI, Hansson BO, Adell R, Breine U, Lindstrom J, Hallen O, et al. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl* 1977;16:1-132.
- 6) Abramson M, Fay TH, Kelly JP, Wazen JJ, Liden G, Tjellstrom A. Clinical results with a percutaneous bone-anchored hearing aid. *Laryngoscope* 1989;99 (7 pt 1):707-10.
- 7) De La Cruz A, Teufert KB. Congenital aural atresia surgery: Long-term results. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2003;129 (1):121-7.
- 8) Jahrsdoerfer RA, Yeakley JW, Aguilar EA, Cole RR, Gray LC. Grading system for the selection of patients with congenital aural atresia. *Am J Otol* 1992;13 (1):6-12.
- 9) Granstrom G, Bergstrom K, Tjellstrom A. The bone-anchored hearing aid and bone-anchored episthesis for congenital ear malformations. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1993;109 (1):46-53.
- 10) Hakansson B, Liden G, Tjellstrom A, Ringdahl A, Jacobsson M, Carlsson P, et al. Ten years of experience of the Swedish bone anchored hearing system. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl* 1990;151:1-16.
- 11) Vaneecloo FM, Ruzza I, Hanson JN, Gerard T, Dehaussy J, Cory M, et al. The monaural pseudo-stereophonic hearing aid (BAHA) in unilateral total deafness: A study of 29 patients. *Rev Laryngol Otol Rhinol (Bord)* 2001;122 (5):343-50.
- 12) Hol MK, Bosman AJ, Snik AF, Mylanus EA, Cremers CW. Bone-anchored hearing aid in unilateral inner ear deafness: A study of 20 patients. *Audiol Neurootol* 2004;9 (5):274-81.
- 13) Wazen JJ, Ghossaini SN, Spitzer JB, Kuller M. Localization by unilateral BAHA users. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2005;132 (6): 928-32.
- 14) Proops DW. The Birmingham bone anchored hearing aid programme: Surgical methods and complication. *J Laryngol Otol Suppl* 1996;21: 7-12.
- 15) Papsin BC, Sirimanna TK, Albert DM, Bailey CM. Surgical experience with bone-anchored hearing aids in children. *Laryngoscope* 1997;107 (6):801-6.