

# Det knogleforankrede høreapparat

Søren Foghsgaard

## STATUSARTIKEL

Øre-næse-hals-kirurgisk  
Afdeling, Rigshospitalet

Ugeskr Læger  
2014;176:V11130685

Et normalt høreapparat fungerer ved, at lyden opfanges via en mikrofon, lyden forstærkes og sendes via en højttaler i øregangen ind til trommehinden, hvor den transmitteres gennem mellemøret vha. de tre øreknogler og ind til det indre øre. Det knogleforankrede høreapparat, også kaldet *bone-anchored hearing aid* (Baha), fungerer ved, at lyden forstærkes via en mikrofon, lydprocessoren vibrerer, og disse vibrationer overføres via implantatet til kranieknoglen. Den fysiologiske baggrund for benledningen er ikke fuldstændig afklaret, men vibrationerne i kraniet medfører bevægelse af perilymfen i det indre øre og således bevægelse af membrana basilaris og stimulation af hårcellerne i det indre øre [1]. På denne måde bypasses hørenedsættelser, som skyldes lidelser i det ydre øre, øregangen og mellemøret. Lyden fra det knogleforankrede høreapparat går via kraniet til begge cochleae, således at patienter med ensidig døvhed også har gavn af apparatet.

Et knogleforankret høreapparat består af tre dele: 1) lydprocessoren 2) *abutment* (mellemstykket) og 3) implantatet (**Figur 1**). Implantatet isættes i temporalbenet 5-6 cm bag øregangen (**Figur 2**). Implantatet er en selvskærende titaniumskrue, og nogle implantater har en ru overflade på den intraosøse del for at forbedre osseintegrationen. Længden af *abutment* kan varieres ud fra tykkelsen af det sub-

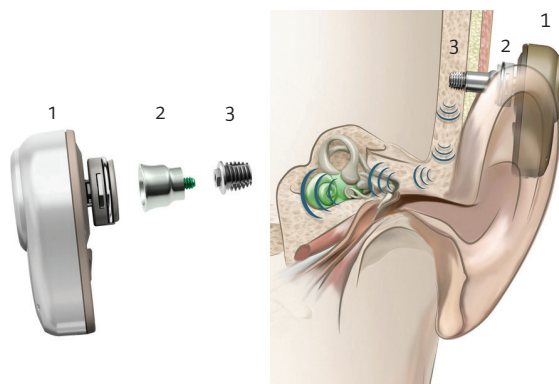
kutane væv. Lydprocessorerne er specialfremstillede høreapparater, som omsætter den indkomne lyd til vibrationer. Lydprocessorerne kan knappes på implantatet bag øret og findes i forskellige styrker. Ønskes der maksimal lydforstærkning, kan en kropsbåren lydprocessor tilkobles.

Den direkte perkutane kobling af høreapparatet til knoglen giver en gevinst på 5-15 dB i forhold til BC-bøjlen (hvor den vibrerende processor holdes fast af en metalbøjle) og hørebrillen [2]. Man undgår tryk på huden, hvilket kan medføre hovedpine, hudirritation og insufficient tryk af vibratoren.

I 1977 rapporterede *Tjellstrøm et al* fra Sahlgrenska Universitets Hospital i Göteborg om implantation af det første titaniumimplantat i temporalbenet [3]. Det var første gang, at det såkaldte brånemarkimplantat blev brugt uden for mundhulen. Den svenske forskningsgruppe havde erfaring med titaniumimplantater til brug ved dentale implantater. Professor *Brånemark* havde i 1952 opdaget fænomenet osseintegration, dvs. den proces, hvor et titaniumimplantat integreres i knoglen vha. indvækst af osteoblaster og knoglenydannelse omkring implantatet [4]. Høreapparatdelen blev videreudviklet og kommercialiseret af *Håkansson et al* i 1984 [5]. I 2005 blev den første digitale lydprocessor frigivet af det australske firma Cochlear. I 2009 introducerede

FIGUR 1

*Bone-anchored hearing aid* består af lydprocessor (1), *abutment* (mellemstykke) (2) og implantat (3). Lyden går via kraniet til det indre øre.



FIGUR 2

*Bone-anchored hearing aid* monteret 5-6 cm bag øret.



Oticon Medical et konkurrerende produkt på både processor- og implantatsiden. På verdensplan er der nu indopereret mere end 100.000 implantater.

## INDIKATIONER

Den hyppigste indikation for Baha er konduktive høretab, dvs. høretab, som skyldes en defekt i lydledningsapparatet, samt blandede høretab. Det kan dreje sig om patienter, som har gennemgået talrige mellemøreoperationer, men uden at opnå tilfredsstillende høreelse. Også patienter med konduktivt høretab pga. otosklerose eller øregangsatresi kan have gavn af Baha. Disse patientgrupper har et *air-bone gap* på audiogrammet (Figur 3). Benledning (funktionen af det indre øre) skal være bedre end 55 dB, for at det knogleforankrede høreapparat kan løse høreproblemet [6]. Baha er en bedre løsning end konventionelle høreapparater, når *air-bone gap* er større end 30 dB [7].

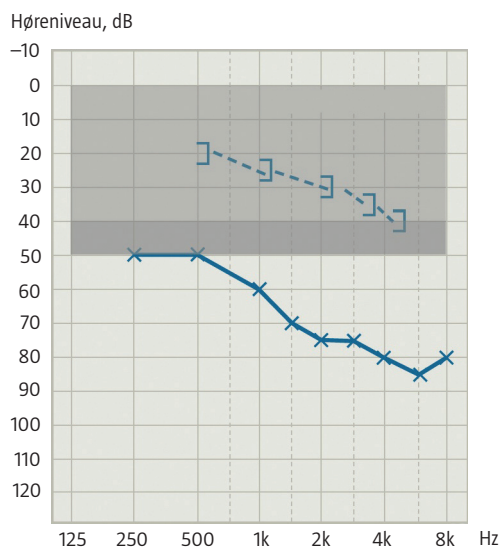
Spørgeskemaundersøgelser vedrørende livskvalitet hos patienter, der har konduktivt høretab og har fået Baha, viser en klar forbedring [8], dette kan skyldes manglende alternative behandlingsmuligheder hos f.eks. patienter med øregangsatresi eller patienter med kronisk otitis, hvor brug af konventionelle høreapparater medfører recidiverende øreinfektioner. Nogle patienter, der har fået Baha, rapporterer om problemer i støjende omgivelser, ved brug af hat eller hue og ved sportsaktivitet [9]. I en dansk spørgeskemaundersøgelse påviste man på lang sigt høj patienttilfredshed med Baha (86% var tilfredse eller meget tilfredse), den væsentligste gene var vindstøj [10]. Lydprocessoren skal kunne vibrere helt frit, og ved berøring fungerer den ikke optimalt.

Mens personer med sensorineuralt høretab som oftest bruger bilaterale høreapparater, er bilateral behandling med Baha endnu ikke særlig udbredt. Der er flere veldokumenterede fordele ved bilateral Baha-behandling: Talediskriminationen forbedres [11], og der er signifikante subjektive og objektive forbedringer [12]. Hos patienter med ensidig sensorineural døvhed virker et Baha placeret på den døde side som en transkraniel *contralateral routing of signals*, hvor lyden transmitteres til det modsatte hørende øre. Ensidig sensorineural døvhed kan bl.a. skyldes *sudden deafness*, *acusticusneurinom* eller *morbus Menière*. Lyde opfanget af lydprocessoren transmitteres til den funktionelle kontralaterale cochlea via benledning. Det ophæver hovedets skyggeeffekt, hvilket vil sige dårlig lydopfattelse på den døde side af patienten.

Patienter med ensidig døvhed rapporterer om besvær med at høre personer fra den døde side, problemer med at lokalisere lyd og problemer med at forstå tale i støj. Ved brug af Baha kan der påvises bedre ta-

FIGUR 3

Blandet høretab med forskel på luftledning og benledning (*air-bone gap*) på ca. 40 dB. Det grå område angiver benledning (indre ørefunktion) egnet til *bone-anchored hearing aid*.



lediskrimination i støj, og ved spørgeskemaundersøgelser er der udtrykt tilfredshed med apparatet og øget livskvalitet [13]. Patienter med ensidig døvhed oplever høreelse fra den døde side, men får ikke bedre retningsbestemmelse af lyden, da lyden fra den døde siden sendes via kraniet til den velfungerende cochlea [14]. Ved brug af Baha til ensidigt døde skal hørelsen på det kontralaterale øre være normal.

Til behandling af sensorineurale høretab, hvor det ikke er muligt at bære konventionelle høreapparater pga. f.eks. recidiverende ekstern otitis, kan Baha også være en mulighed.

Baha hos børn kræver flere overvejelser. Barnets knogler er immature og tyndere. Efter implantation er der højere risiko for overvækst af hud og tab af implantatet [15]. Renholdelse af et implantat kan være et problem hos større børn [16]. Det er af stor vigtighed for optimal sprogudvikling, at børn med bilateralt konduktivt høretab (øregangsatresier, syndrombørn) bliver behandlet så tidligt som muligt [17]. Børn, der er for små til den perkutane løsning, kan behandles transkutant med Baha-softbånd, som er et pandebånd tilkoblet en lydprocessor. Tale- og sprogudviklingen er tydeligt forbedret hos disse børn ved tidlig brug af Baha-softbånd, og softbånd er generelt accepteret som behandling til børn under tre år. Også børn med ensidigt høretab/ensidig døvhed kan have gavn af Baha. Børn med ensidig døvhed har forøget risiko for at skulle gå en klasse om og har behov for ekstra hjælp i skolen [18, 19].

Moderat mentalt retarderede patienter kan også have gavn af Baha. Tidligere var man tilbageholdende over for denne gruppe pga. bekymring for pleje af implantat og hud, men studier viser gavn af Baha ved konduktive og blandede høretab hos denne patientgruppe [20, 21].

Baha afprøves inden implantation på et softbånd eller en BC-bøjle. Patienterne kan således afprøve apparatet i hjemlige omgivelser, inden man beslutter en evt. operation.

### OPERATION

Målet med operation er placering af implantatet med optimale betingelser for osseointegration samt præparation af omgivende hud og subkutant væv, således at fremtidige bløddelsproblemer minimeres. For at optimere osseointegration er det vigtigt med afkøling af boret af hensyn til osteocytter og knogledannelse. Der kan benyttes kirurgisk teknik med en hængslet hudlap eller teknik med lineær incision (**Figur 4**) alt efter kirurgens præference. Implantatets længde er 3 eller 4 mm; der vælges et kort implantat hos patienter med tynd knogle (børn). Der vælges en passende længde mellemstykke (6-12 mm) afhængig af tykkelsen af det subkutane væv. Efter seks uger kan processoren monteres på implantatet. På nogle centre vælger man at montere processoren allerede fire uger efter operationen. Ved dårlig knoglekvalitet (strålebehandlet knoglevæv) bør høreapparat monteres efter tre måneder.

I de senere år er de kirurgiske behandlingsmetoder blevet simplificeret, i starten blev der indsat delhudstransplantat omkring implantatet, og det subkutane væv blev omhyggeligt fjernet [22]. Den hyppigst

 **FIGUR 4**

Operationsfeltet efter *bone-anchored hearing aid*-operation med brug af lineær teknik.



anvendte metode er i dag den lineære incision, hvor der ikke fjernes hårsække eller subkutant væv [23]. Denne operation kan foretages i lokalbedøvelse, og under normale forhold tager den ikke over 30 minutter. Også ændrede implantater er kommet til, man bruger nu bredere implantater med en diameter på 4,5 mm mod tidligere implantater med en diameter på 3,75 mm. De brede implantater er mere stabile og giver mulighed for tidligere påsætning af processoren [24]. Hos børn kan operationen foretages i to seancer: Trin 1, hvor implantatet isættes og huden lukkes, og trin 2, tre måneder senere, hvor huden åbnes, og *abutment* monteres; høreapparat kan herefter umiddelbart monteres. Børn opereres i generel anæstesi.

Lydprocessoren har på bagsiden en snapkobling, som monteres på mellemstykket. De første processorer var analoge apparater, men de nyeste processorer er overgået til digital teknik, således at forstærkningen af de enkelte lydfrekvenser kan individualiseres. Lydprocessorerne leveres i forskellig styrke, hvor de svageste bruges ved gennemsnitlig benledning op til ca. 45 dB og de kraftigste bruges til gennemsnitlig benledning op til 55 dB. For maksimal forstærkning kan vælges en kropsbåren lydprocessor. Siden 2009 har der været to producenter af både implantat og lydprocessor, hvilket har medført øgede valgmuligheder for den enkelte patient. Den danskproducerede lydprocessor fra Oticon Medical har vist lovende resultater. I et overkrydsningsstudie havde 67% af brugerne denne lydprocessor som førstevalg [25].

### KOMPLIKATIONER

Tab af implantat: I studier har man rapporteret om forskellige tabsrater gående fra 1,6% til 17,4% hos voksne [26], de typiske tabsrater er i den lavere del af dette interval. Mange implantattab skyldes traumer mod implantatet. Børn har større risiko for at tabe implantatet, dette forklares med tyndere og blødere knogler samt større risiko for traumer mod implantatet. Der er rapporteret om 40% tab af implantater hos børn under fem år [27]. Mange steder opererer man derfor helst børn, når de er over fem år. Børnene kan indtil da behandles med Baha på softbånd.

Den hyppigste gene er bløddelsproblemer rundt om implantatet. Implantatet medfører en permanent huddefekt, hvorfra der kan komme sekretion, og det er en indgangsport for infektion. Uønskede hudreaktioner er beskrevet hos 9,4-18,1% [28, 29] af Baha-brugerne. Oftest kan problemerne løses med lokalbehandling, men kirurgisk revision kan blive nødvendig ved f.eks. hudovervækst af implantatet. God hygiejne omkring implantatet er af stor vigtighed. Alvorlige komplikationer er meget sjældent rapporterede.

## FAKTABOKS

### Det knogleforankrede høreapparat

Kan anvendes til patienter med konduktivt eller blandet høretab samt ensidig døvhed.

Børn under fem år kan bære processoren på pandebånd.

Det er et simpelt operativt indgreb i lokalbedøvelse hos voksne.

Hypigste gene er bløddelsproblemer rundt om implantatet.

På verdensplan er mere end 100.000 patienter blevet opereret.

Ønsker patienten implantatet fjernet, typisk hvis vedkommende ikke bruger høreapparatet eller ved vedvarende hudproblemer, kan mellemstykket fjernes ved et nemt ambulant indgreb uden bedøvelse. Huden vil hele hen over det dybe implantat. Ønskes selve implantatet fjernet, må det oftest bores ud i generel anæstesi.

Implantaterne er produceret af titanium og er MR-kompatible. Implantatet giver en slagskygge på under 1 cm ved MR-skanning, og patienterne kan skannes op til 9,4 T uden uønskede virkninger [30].

Den seneste udvikling inden for de benforankrede høreapparater er de transkutane løsninger. Ved disse løsninger er huden lukket, og der er intet implantat gennem huden. Lydoverførelsen sker via en magnetisk kobling, og processoren kan være lokaliseret enten under (Bonebridge) eller over huden (Sofono, Cochlear Attract). Erfaringerne med disse nye metoder er sparsomme, men de opfylder et patientønske om at undgå det perkutane implantat og deraf følgende komplikationer, og der vil formentlig komme en stigende udbredelse af disse produkter.

## SUMMARY

Søren Foghsgaard:

The bone-anchored hearing aid

Ugeskr Læger 2014;176:V11130685

The bone-anchored hearing aid (Baha) was introduced in 1977 by *Tjellström* and colleagues and has now been used clinically for over 30 years. Generally, the outcomes are good, and several studies have shown improved audiological- and quality of life outcomes. The principle of the Baha is, that sound vibrations are led directly to the inner ear via the mastoid bone, bypassing the middle ear. This is achieved via an osseointegrated implant and a skin-penetrating abutment. Studies report high success rates and a majority of complications as typically minor in nature.

**KORRESPONDANCE:** Søren Foghsgaard, Øre-næse-hals-kirurgisk Afdeling, Rigshospitalet, Blegdamsvej 9, 2100 København Ø.  
E-mail: Foghsgaard@dadlnet.dk

**ANTAGET:** 10. april 2014

**PUBLICERET PÅ UGESKRIFTET.DK:** 11. august 2014

**INTERESSEKONFLIKTER:** ingen. Forfatterens ICMJE-formular er tilgængelig sammen med artiklen på Ugeskriftet.dk

## LITTERATUR

- Dun CA, Faber HT, de Wolf MJ et al. An overview of different systems: the bone-anchored hearing aid. *Adv Otorhinolaryngol* 2011;71:22-31.
- Stenfelt S, Goode RL. Transmission properties of bone conducted sound: measurements in cadaver heads. *J Acoust Soc Am* 2005;118:2373-91.
- Tjellström A, Lindström J, Hallén O et al. Osseointegrated titanium implants in the temporal bone. *Am J Otol* 1981;2:304-10.
- Mudry A, Tjellström A. Historical background of bone conduction, hearing devices and bone conduction hearing aids. *Adv Otorhinolaryngol* 2011;71:1-9.
- Håkansson B, Tjellström A, Rosenhall U et al. The bone-anchored hearing aid. *Acta Otolaryngol* 1985;100:229-39.
- Snik AF, Bosman AJ, Mylanus EA et al. Candidacy for the bone-anchored hearing aid. *Audiol Neurootol* 2004;9:190-6.
- De Wolf MJ, Hendrix S, Cremers CW et al. Better performance with bone-anchored hearing aid than acoustic devices in patients with severe air-bone gap. *Laryngoscope* 2011;121:613-6.
- Ricci G, Della Volpe A, Faralli M et al. Results and complications of the Baha system (bone-anchored hearing aid). *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2010;267:1539-45.
- Priwin C, Granström G. The bone-anchored hearing aid in children: a surgical and questionnaire follow-up study. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2005;132:559-65.
- Rasmussen J, Olsen SØ, Nielsen LH. Evaluation of long-term patient satisfaction and experience with the Baha bone conduction implant. *Int J Audiol* 2012;51:194-9.
- Snik AF, Beynon AJ, Mylanus EA et al. Binaural application of the bone-anchored hearing aid. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1998;107:187-93.
- Dutt SN, McDermott AL, Burrell SP et al. Patient satisfaction with bilateral bone-anchored hearing aids: the Birmingham experience. *J Laryngol Otol Suppl* 2002;28:37-46.
- Wazen JJ, van Ess MJ, Alameda J et al. The Baha system in patients with single-sided deafness and contralateral hearing loss. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2010;142:554-9.
- Hol MK, Bosman AJ, Snik AF et al. Bone-anchored hearing aids in unilateral inner ear deafness: an evaluation of audiometric and patient outcome measurements. *Otol Neurotol* 2005;26:999-1006.
- De Wolf MJ, Hol MK, Huygen PL et al. Nijmegen results with application of a bone-anchored hearing aid in children: simplified surgical technique. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2008;117:805-14.
- Lloyd S, Almeyda J, Sirimanna KS et al. Updated surgical experience with bone-anchored hearing aids in children. *J Laryngol Otol* 2007;121:826-31.
- Yoshinaga-Itano C. Early intervention after universal neonatal hearing screening: impact on outcomes. *Ment Retard Dev Disabil Res Rev* 2003;9:252-66.
- Verhagen CV, Hol MK, Coppens-Schellekens W et al. The Baha Softband. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2008;72:1455-9.
- Lieu JE, Tye-Murray N, Karzon RK et al. Unilateral hearing loss is associated with worse speech-language scores in children. *Pediatrics* 2010;125:e1348-55.
- Kunst SJ, Hol MK, Cremers CW et al. Bone-anchored hearing aid in patients with moderate mental retardation: impact and benefit assessment. *Otol Neurotol* 2007;28:793-7.
- McDermott AL, Williams J, Kuo MJ et al. The role of bone anchored hearing aids in children with Down syndrome. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2008;72:751-7.
- Arnold A, Caversaccio MD, Mudry A. Surgery for the bone-anchored hearing aid. *Adv Otorhinolaryngol* 2011;71:47-55.
- Hultcrantz M. Outcome of the bone-anchored hearing aid procedure without skin thinning: a prospective clinical trial. *Otol Neurotol* 2011;32:1134-9.
- Dun CA, de Wolf MJ, Hol MK et al. Stability, survival, and tolerability of a novel baha implant system: six-month data from a multicenter clinical investigation. *Otol Neurotol* 2011;32:1001-7.
- Olsen SØ, Glad H, Nielsen LH. Comparison of two bone anchored hearing instruments: BP100 and Ponto Pro. *Int J Audiol* 2011;50:920-8.
- Kiringoda R, Lustig LR. A meta-analysis of the complications associated with osseointegrated hearing aids. *Otol Neurotol* 2013;34:790-4.
- McDermott AL, Williams J, Kuo M et al. The Birmingham pediatric bone-anchored hearing aid program: a 15-year experience. *Otol Neurotol* 2009;30:178-83.
- House JW, Kutz JW Jr. Bone-anchored hearing aids: incidence and management of postoperative complications. *Otol Neurotol* 2007;28:213-7.
- Hobson JC, Roper AJ, Andrew R et al. Complications of bone-anchored hearing aid implantation. *J Laryngol Otol* 2010;124:132-6.
- Fritsch MH, Naumann IC, Mosier KM. BAHA devices and magnetic resonance imaging scanners. *Otol Neurotol* 2008;29:1095-9.